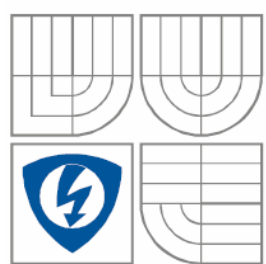




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV MIKROELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND
COMMUNICATION
DEPARTMENT OF MICROELECTRONICS

*Metody a kroky řešení problémů
s kvalitou v průmyslové praxi*

Methods and steps for quality problem solving for industrial practice

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Zdeněk Konečný

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Radovan Novotný, Ph.D.

Brno 2009

Abstrakt:

Předkládaná práce se zabývá přístupy a metodami, které se používají pro účely řešení problémů s kvalitou (plánování a zlepšování kvality), dále pak softwarovými nástroji každé z metod. Základním zaměřením práce je podat informace o existujících metodách. V praktické části jsou uvedeny případové studie základních metod pro řešení problémů s kvalitou.

Abstract:

This work deals with approaches and methods, which uses for purposes problem solving with quality (planning and improving quality), and software tools every method. Basic sight this work is give information on existent methods. In practical part are introduce case studies of basic methods for problem solving with quality.

Klíčová slova:

Kvalita, problém, neshoda, opatření, metody.

Keywords:

Quality, problem, variance, action, methods.

Bibliografická citace díla:

KONEČNÝ, Z. Metody a kroky řešení problémů s kvalitou v průmyslové praxi . Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 55 s. Vedoucí semestrální práce Ing. Radovan Novotný, Ph.D.

Prohlášení autora o původnosti díla:

Prohlašuji, že jsem tuto vysokoškolskou kvalifikační práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce, s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 29. května 2009

.....

podpis autora

Poděkování:

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Radovanu Novotnému, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

1	PROLOG	5
2	ÚVOD	6
2.1	KVALITA	6
2.2	SPECIFIKACE POŽADAVKŮ NA KVALITU	6
3	PŘÍSTUPY A KONCEPTY.....	7
3.1	ISO 9000.....	7
3.2	TOTAL QUALITY MANAGEMENT	8
3.3	SIX SIGMA	8
4	KROKY ŘEŠENÍ.....	10
4.1	PDCA.....	10
4.2	DMAIC	10
5	METODY PLÁNOVÁNÍ KVALITY	12
5.1	SEDM ZÁKLADNÍCH METOD	12
5.1.1	<i>Vývojový diagram.....</i>	<i>12</i>
5.1.2	<i>Diagram příčin a následků</i>	<i>13</i>
5.1.3	<i>Formulář pro sběr údajů.....</i>	<i>14</i>
5.1.4	<i>Paretův diagram.....</i>	<i>15</i>
5.1.5	<i>Histogram.....</i>	<i>16</i>
5.1.6	<i>Bodový diagram</i>	<i>17</i>
5.1.7	<i>Regulační diagram.....</i>	<i>18</i>
5.2	SEDM NOVÝCH METOD	19
5.2.1	<i>Afinitní diagram</i>	<i>19</i>
5.2.2	<i>Diagram vzájemných vztahů</i>	<i>20</i>
5.2.3	<i>Systematický diagram</i>	<i>21</i>
5.2.4	<i>Maticový diagram</i>	<i>23</i>
5.2.5	<i>Analýza údajů v matici</i>	<i>24</i>
5.2.6	<i>Diagram PDPC</i>	<i>24</i>
5.2.7	<i>Síťový diagram.....</i>	<i>26</i>
5.3	NĚKTERÉ OSTATNÍ METODY.....	27
5.3.1	<i>QFD – Dům kvality.....</i>	<i>27</i>
5.3.2	<i>FMEA – Analýza možností vzniku vad a jejich následků.....</i>	<i>28</i>
5.3.3	<i>FTA – Analýza stromu poruchových stavů.....</i>	<i>29</i>
6	PRAKTICKÁ ČÁST	31
6.1	VÝVOJOVÝ DIAGRAM.....	31
6.2	PARETŮV DIAGRAM.....	34
6.3	DIAGRAM PŘÍČIN A NÁSLEDKŮ.....	38
6.4	HISTOGRAM.....	40
6.5	BODOVÝ DIAGRAM	45
6.6	REGULAČNÍ DIAGRAM	48
7	ZÁVĚR.....	53
8	POUŽITÁ LITERATURA	55

1 Prolog

Vývoj průmyslu a služeb v dnešní době přináší neustále se zvyšující požadavky na management kvality. Hlavními částmi managementu kvality jsou plánování kvality a neustálé zlepšování kvality. Orientování na tyto oblasti je plně v souladu s dnešním vývojem managementu kvality, který se plně promítá do požadavků jednotlivých zákazníků i do požadavků mezinárodních norem.

Plánování kvality je celá řada aktivit, které rozhodují o konečné kvalitě výrobků nebo služeb realizovaných ve fázi jejich návrhu a vývoje. Zaměření na plánování kvality je velice výhodné i z ekonomického hlediska. Odstranění nedostatků ještě před realizací vyžaduje jen zlomek nákladů, jenž by byly potřeba vynaložit ve fázi realizace nebo až u zákazníka [1].

Pro efektivní plánování kvality a neustálé zlepšování kvality se používají vhodné postupy a uplatnění vhodných metod a nástrojů. Tato bakalářská práce se zaměřuje na výklad postupů a nejdůležitějších metod a nástrojů plánování a neustálého zlepšování kvality. Pozornost je věnována přístupům total quality management, six sigma, ISO 9000, dále kroky jejich řešení PDCA a DMAIC a v neposlední řadě také sedmi základním a sedmi novým metodám zlepšování kvality. Jsou vysvětleny principy metod, uvedeny postupy jejich použití a programy, které se využívají pro jejich aplikaci.

V praktické části jsou vytvořeny a podrobně popsány případové studie sedmi základních metod, tj. vývojového diagramu, paretové analýze, diagramu příčin a následků, histogramu, regulačnímu a bodovému diagramu a také formuláři pro sběr údajů.

2 Úvod

2.1 Kvalita

Kvalita je schopnost nějakého produktu (výrobku, služby, procesu) uspokojit potřeby zákazníka. ČSN ISO 8402 z roku 1995 kvalitu definuje takto: „Jakost (kvalita) je celkový souhrn znaků entity, které ovlivňují schopnost uspokojovat stanovené nebo předpokládané potřeby“. ISO 9000 kvalitu definuje jako schopnost souboru inherentních znaků výrobku, systému, nebo procesu plnit požadavky zákazníků a jiných zainteresovaných stran [2].

Entita je to, co je možné individuálně popsat a vzít v úvahu jako např. nějaká činnost, výrobek, proces, systém, atd. a jejich kombinace.

Kvalita se často týká produktu, který je výsledkem činností nebo procesů. Dle normy ISO 9000, lze produkt řadit na čtyři základní druhy:

- hardware – hmotný výrobek se specifickým tvarem (díly, části, montážní celky, atd.)
- software – duševní dílo tvořené informacemi uloženými na nosném médiu (počítačové programy, záznamy, informace, postupy, atd.)
- zpracované materiály – hmotný výrobek utvořený změnou suroviny na požadovaný stav (potraviny, kapaliny, plechy, atd.)
- služby – výsledek činností při kontaktu mezi dodavatelem a zákazníkem (doprava, obsluha, právnické služby, atd.)

2.2 Specifikace požadavků na kvalitu

Požadavky na kvalitu jsou určení potřeb a jejich převedení do souboru kvalitativně nebo kvantitativně určených požadavků pro znaky určité entity, která má za cíl umožnit její realizaci a testování [2].

Požadavky na kvalitu musí obecně vyjadřovat:

- určené nebo předpokládané potřeby zákazníka
- požadavky společnosti jako jsou povinnosti vyplývající ze zákonů, norem předpisů a pravidel zajišťující zdraví, bezpečnost a ochranu životního prostředí

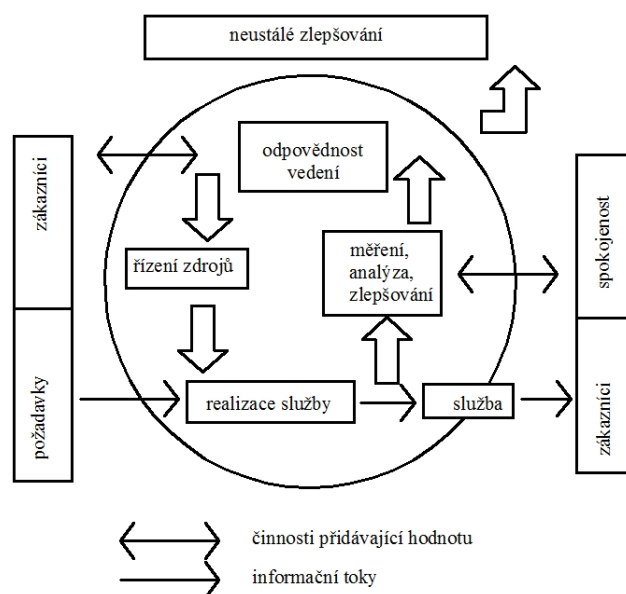
3 Přístupy a koncepty

3.1 ISO 9000

ISO (International Organization for Standardization) je mezinárodní organizace pro standardizaci a její hlavní činností je vývoj technických norem.

ISO 9000 je systém mezinárodních norem popisující jednotný model řízení a zabezpečování kvality, který lze přizpůsobit jakékoli organizaci. Patří k nejznámějším a nejúspěšnějším standardům a staly se uznávanou mezinárodní referencí požadavků trhu na kvalitu. Hlavním účelem je dosáhnout spokojenosti zákazníka tím, že se bude předcházet neshodám [2].

Model řízení kvality v organizaci slouží hlavně pro uspokojení vnitřních potřeb managementu a z toho důvodu je obvykle širší než požadavky zákazníka. Pro dosažení uspokojivé kvality produktu se musí řídit všechny činnosti ovlivňující kvalitu daného produktu (všechny fáze životního cyklu produktu), což mohou být: průzkum trhu, návrh a vývoj výrobku, plánování a vývoj procesů, zásobování, výroba a poskytování služeb, kontrola, skladování, distribuce a prodej, instalace, údržba a následně likvidace.



Obr. 3.1: ISO 9000 – zásady managementu kvality [10]

V souboru norem ISO se používá následujících označení jednajících stran:

PRVNÍ STRANA = VÝROBCE, DODAVATEL

DRUHÁ STRANA = ODBĚRATEL, ZÁKAZNÍK

TŘETÍ STRANA = CERTIFIKAČNÍ ORGÁN [2]

ISO 9000 se používá v návodu pro všeobecné řízení kvality, pro zabezpečení důvěry v kvalitě produktů, pro posouzení daného systému kvality kvůli registraci nebo certifikaci druhou popřípadě třetí stranou. Normy se neustále zdokonalují a vyvíjejí.

Nevýhody norem ISO jsou vysoká cena na zavedení systému řízení kvality, školení pracovníků, certifikaci, dále pak další náklady na pracovníky, kteří se budou kvalitou zabývat, a v neposlední řadě je zavedení řízení kvality náročné z časového hlediska.

Pečlivé provedení zabezpečení kvality z hlediska ISO 9000 je dobrým základem pro následné realizování TQM.

3.2 Total Quality Management

Mezinárodní norma ISO definuje TQM jako manažerský přístup vedení organizace, zaměřený na kvalitu, založený na účasti všech jeho členů a cílený na dlouhodobý úspěch skrze uspokojení zákazníka a výhody všech členů organizace a společnosti.

Skládá se ze tří částí:

- Total (totální, maximální) – všichni členové organizace se musí podílet na zvyšování kvality výrobku
- Quality (kvalita, jakost) – schopnost entity plnit požadavky, které jsou dané vzhledem k jejímu určení
- Management (řízení) – aktivně prováděný proces neustálého zvyšování kvality provozovaný prostřednictvím osob vykonávajících vedoucí, řídicí a kontrolní činnosti

TQM se realizuje pomocí týmové práce, společného rozhodování při stanovení cílů, komunikaci a optimalizaci předkládaných návrhů.

Hlavními myšlenkami a zaměřením TQM jsou: zdokonalování firmy pro zákazníky, kontrolován musí být nejen výrobek, ale celý proces, který vede ke snížení nákladů a má vliv na zvýšení kvality, iniciativa vychází z vrcholového vedení, které má hlavní odpovědnost za kvalitu, podpora účasti všech zaměstnanců při zavádění TQM, zapojení všech pracovníků do procesu neustálého zdokonalování, orientace na zákazníka, důraz na týmovou práci a v neposlední řadě také na to, že zlepšování není jednorázový, ale průběžný proces [8].

Filozofie TQM klade důraz na rychlou, reakci změny vnějšího okolí, přizpůsobení požadavkům zákazníka, komunikaci a spolupráci uvnitř podniku a vedení a účast při zavádění TQM ve firmě.

3.3 Six sigma

Koncept six sigma je úplný systém toho jak dosáhnout, udržet a maximalizovat obchodní úspěch. Je založen na porozumění požadavků zákazníků, používání faktů a analýz a pečlivém přístupu k řízení a zlepšování [7].

Dále je to manažerský koncept analýzy problémů s kvalitou včetně jejich odstraňování s použitím základních nástrojů pro řízení kvality.

Metoda se nezaměřuje pouze na zlepšování kvality, ale také na snížení nákladů na výrobu, zvýšení produktivity a na změny v kultuře firmy. Základem je přesvědčení, že dělat chyby se nevyplácí, že levnější je dělat produkt bez chyb.

Používá se v různých odvětvích průmyslu a hlavní myšlenka je v redukci počtu chyb na 3,4 chyby z 1000000 příležitostí. Tento počet je v oblasti kvality považován za dokonalost. K zavedení metody six sigma se využívá kroků DMAIC procesu.

Při zavádění six sigma jsou důležití tito pracovníci:

- champion – prezentuje vizi úspěšného zavedení metody
- sponzor – vlastník procesu, který se podílí na výběrů projektů
- master black belt – rozumí podnikové strategii a má celkový přehled o podniku
- black belt – expert na strategii six sigma
- green belt – přibližně 20 – 30 pracovní doby věnuje projektům v rámci six sigma a přitom ještě vykonává svou běžnou pracovní náplň [12]

4 Kroky řešení

4.1 PDCA

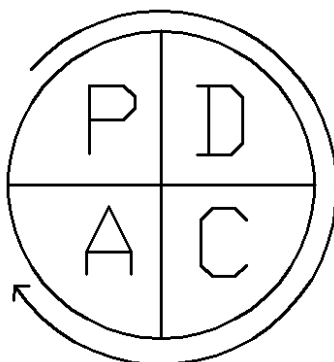
Jednoduchá metoda s univerzálním použitím při zlepšování kvality. Obsahuje základy systémového přístupu pro řešení systému jako celku a dá se použít i pro jednotlivé dílčí části. Základem pro tuto metodu je procesní přístup vymezení, tvorby, zavádění, provozu, údržby a zvyšování efektivity systému řízení v organizaci [6].

P – plan (plánuj) – získání informací a popis problému, který budeme řešit, sloužící pro přípravu plánu. Plán obsahuje činnosti, potřebné k odstranění problému.

D – do (dělej) – zavádění popsanych činností

C – check (kontroluj) – kontrola dosažených výsledků a jejich porovnávání s plánem, předání výsledků k celkovému hodnocení, zjištění stavu zda je problém skutečně řešen

A – act (jednej) – pokud výsledek nesplnil očekávání a problém nebyl vyřešen, hledá se příčina, následný nový plán se zaměřuje na odstranění příčiny, pokud je příčina vyřešena, integruje se nový přístup do systému



Obr. 4.1: Fáze cyklu PDCA

Je možné jej použít pro jakékoli řešení problému a jeho výhodou je, že se jeho kroky mohou pořád opakovat. Využívá se ve výrobě, logistice, informačních systémech, systému kvality, managementu, marketingu, psychologii, atd.

4.2 DMAIC

DMAIC je jedna ze základních metod přístupu six sigma a je využívána k jejímu zavedení. Metoda definuje pět fází pro úspěšné zavádění změn nebo řízení projektů určených ke zlepšování [6].

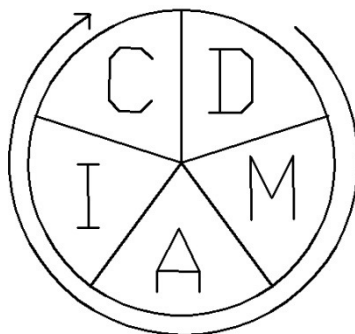
D – define (definovat) – tato fáze se zaměřuje na definování cílů, získávání informací, popis stavu, kterého má být dosaženo a výběr pracovníků. Popisuje se proces zlepšení a definuje se plán s jednotnými činnostmi pro odstranění problému. Výsledkem této fáze by měly být přesné a srozumitelně definované cíle.

M – measure (měřit) – cílem této fáze je stanovit techniky sběru dat a následný sběr dat týkajících se řešeného problému. Data se sbírají z různých zdrojů: typy a četnost vad, zpětné vazby od zákazníků, četnost cyklu atd.

A – analyze (analyzovat) – v této fázi se podrobněji zkoumají a analyzují nasbíraná data, základem je analýza příčin a nedostatků, problémů, nespokojenosti a dále se zjišťuje, jestli je problém opravdu řešen. Cílem je určení klíčových příčin problému.

I – improve (zlepšit) – před touto fází už jsou známa místa kde vzniká největší počet chyb, prosazují se a uskutečňují se změny, které vedou ke zlepšení kvality ve směrech stanovených ve fázi analýzy. Cílem je implementovat řešení odstraňující hlavní příčiny vzniku vad.

C – control (řídit) – jedná se o závěrečnou fázi, ve které se zavádějí všechny změny do procesů a systémů a zjišťuje se, zda jsou změny řádně uplatňovány. Cílem je zabezpečení trvalého udržení zlepšeného stavu.



Obr. 4.2: Fáze cyklu DMAIC

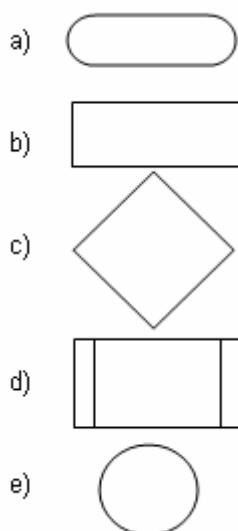
Metoda DMAIC se používá ve výrobě, logistice, informačních systémech, managementu, marketingu atd. Využívá se pro jakékoli řešení problémů, zavedení nových změn, dosažení lepších výsledků nebo větší spokojenosti zákazníka. Fáze této metody je možné opakovat, opakováním se docílí postupného zlepšování a dosahování lepších a lepších výsledků [5].

5 Metody plánování kvality

5.1 Sedm základních metod

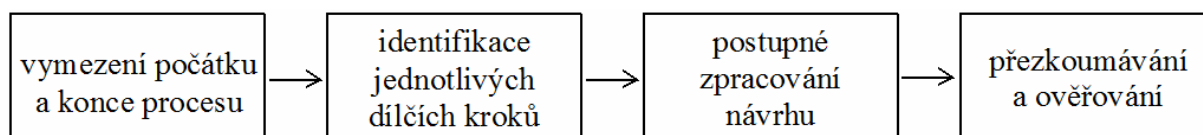
5.1.1 Vývojový diagram

Vývojový diagram je metoda, která názorně graficky zobrazí posloupnosti a vzájemné návaznosti kroků procesu. Je výhodný pro popis jakéhokoli procesu (navrhovaný, existující). Využívá se pro analýzu procesu, jeho jednotlivé kroky a rozhodovací uzly, dále pak pro identifikaci oblastí a nadbytečných činností. Je vhodný k lepšímu a rychlejšímu pochopení procesu [1].



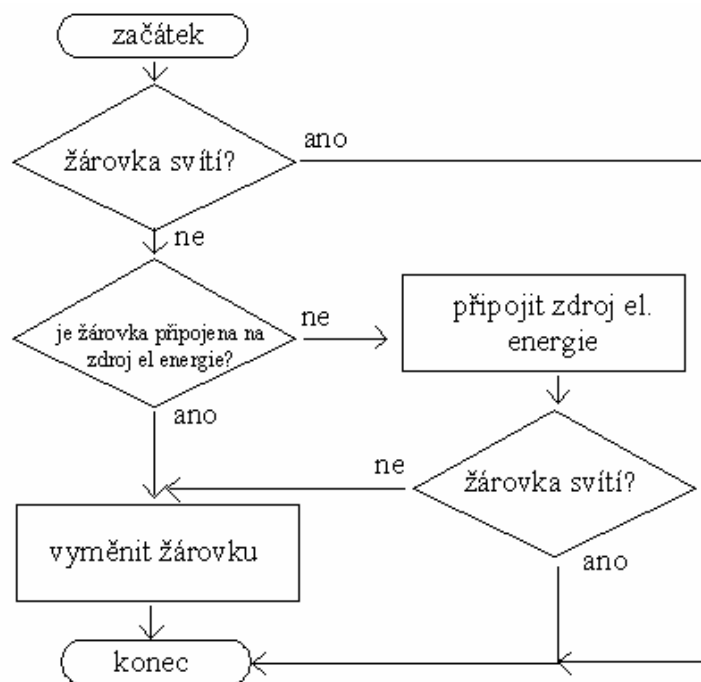
Obr. 5.1: Grafické symboly vývojového diagramu: a) počátek/konec, b) zpracování/proces/činnost, c) rozhodování, d) předdefinované zpracování, e) spojka

Diagram se zpracovává v týmu, prvně se přesně vymezí počátek a konec procesu. Dále se určí a zaznamenají dílčí kroky procesu a poté se pomocí grafických symbolů zaznamenávají návaznosti jednotlivých kroků. Kroky se mohou zaznamenávat na kartičky a ty pak postupně uspořádávat a doplňovat, poté se zakreslí vývojový diagram. Pro konstrukci vývojového diagramu se používají zavedené grafické symboly.



Obr. 5.2: Postup u vývojového diagramu

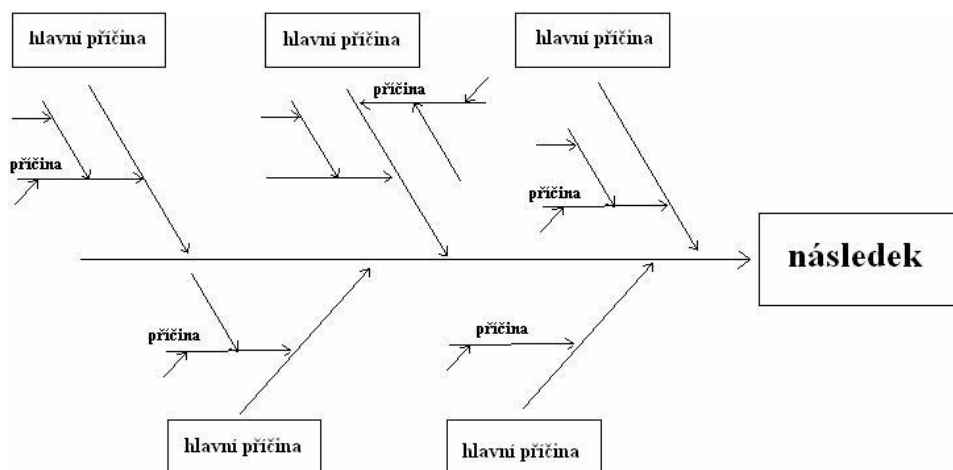
Z hlediska softwarové podpory je možné pro vývojový diagram použít program Smart Draw, který se z mého pohledu jeví jako nejkomplexnější software pro většinu zde popsanych metod. V přehledném grafickém rozhraní je mnoho šablon, které jdou jednoduše vybrat, následně upravit a zapisovat do nich data. Dále lze pro tuto metodu použít program Diagramming Software.



Obr. 5.3: Příklad vývojového diagramu

5.1.2 Diagram příčin a následků

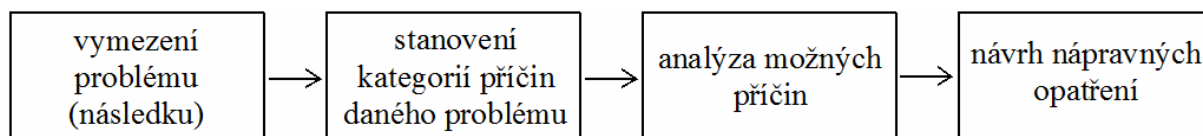
Diagram příčin a následků, označovaný také jako Ishikawův diagram nebo diagram rybí kosti je grafický nástroj pro analýzu příčin určitého následku. Představuje systémový přístup pro řešení problémů dokumentující všechny náměty a myšlenky [1].



Obr. 5.4: Diagram příčin a následků

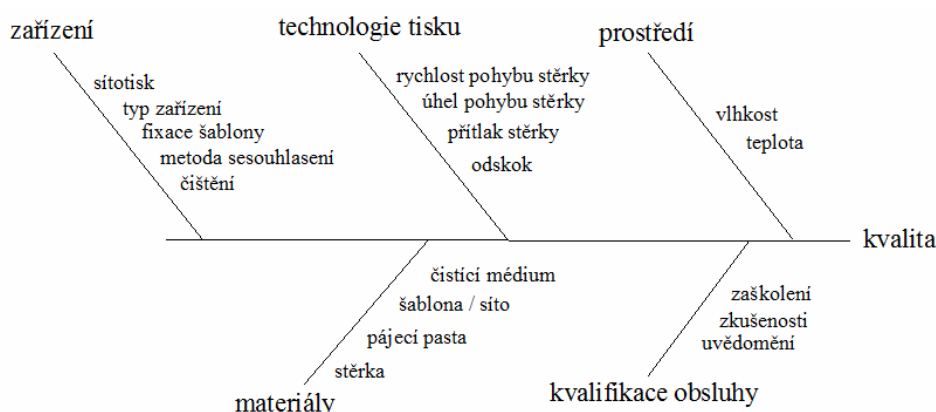
Ke zpracování se využívá brainstormingu. Diagram se zpracovává v týmu pracovníků, kteří se zabývají danou problematikou, popřípadě doplněném o pracovníky z jiného oboru. V první fázi se vymezí řešený problém (následek), který se zaznamená na pravou stranu pracovní plochy – rybí hlava. Dále se stanoví hlavní kategorie příčin daného problému (u kvality většinou materiál, zařízení, metody, lidé a prostředí) - páteř. V další fázi se analyzují všechny možné příčiny daného následku na rostoucí úrovni podrobnosti – jednotlivé kosti. Příčiny musí být přesně formulovány. Analýza příčin by měla trvat tak dlouho, dokud se

neodhalí všechny kořenové příčiny daného následku. Poté se navrhnu příslušná nápravná opatření.



Obr. 5.5: Postup u diagramu příčin a následků

Z hlediska softwarové podpory je možné pro diagram příčin a následků použít program Smart Draw nebo Diagramming Software.



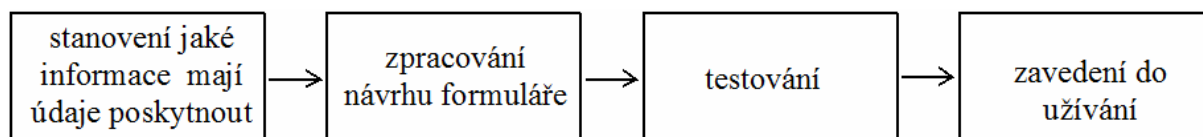
Obr. 5.6: Příklad diagramu příčin a následků – faktory ovlivňující kvalitu tisku v povrchové montáži

5.1.3 Formulář pro sběr údajů

Formuláře pro sběr údajů mají za úkol systematicky shromažďovat údaje pro řízení a zlepšování kvality, které jsou základním východiskem pro hodnocení stávajícího stavu procesů a určení směru dalšího zlepšování [1].

Při sběru dat se vychází z toho, jaké informace je potřeba získat. Formuláře na údaje mají být dostatečně přehledné a srozumitelné a mělo by na nich být zaznamenáno datum, čas, místo, jméno pracovníka, výrobní zařízení, parametry výroby apod. Data se dále třídí podle určitých hledisek, jako jsou druh zjištěné neshody, příčina vzniku neshody, druh používaného materiálu, výrobní linka, obsluha a další.

V první řadě je potřeba stanovit jaké informace mají nashromážděné údaje poskytnout, pak se stanoví jaké údaje jsou potřeba k dosažení daného účelu. Následně se zpracuje návrh formuláře. Navržený formulář je vhodné vyzkoušet ještě před zavedením do běžného užívání.

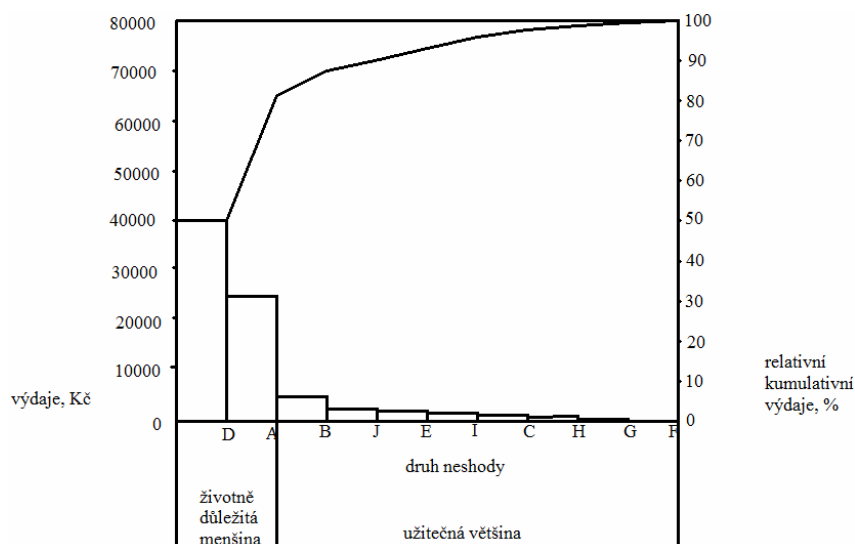


Obr. 5.7: Postup u sběru údajů

Z hlediska softwarové podpory je možné formulář pro sběr údajů vytvořit například v programu Microsoft Office Excel.

5.1.4 Paretův diagram

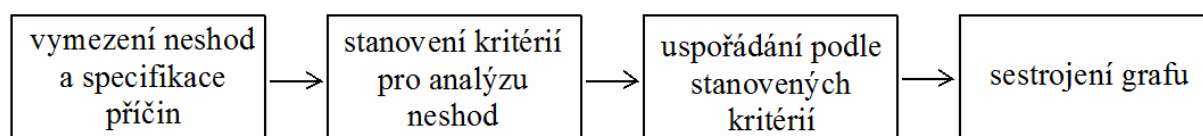
Paretův diagram je nástroj manažerského rozhodování, umožňuje stanovit priority při řešení problémů s kvalitou tak, aby byl dosažen maximální efekt. Označuje se také jako pravidlo 80/20, kde přibližně 80% problémů s kvalitou je způsobeno pouze malým podílem činitelů, přibližně 20% [1].



Obr. 5.8: Paretův diagram

Aplikací diagramu lze stanovit, že na vzniklých problémech se podílí jen určitá skupina výrobků, jen některé neshody, jen některé příčiny, jen některá výrobní zařízení a jen někteří pracovníci. Tyto malé skupiny činitelů se označují jako „životně důležitá menšina“ a zbylá část je označována jako „užitečná většina“. Pomocí Paretova diagramu lze identifikovat „životně důležitou menšinu“.

Při tvorbě Paretova diagramu se v první řadě vymezí všechny příčiny, které mají za následek daný problém, dále se stanoví kritérium, podle kterého se budou dané příčiny analyzovat. Dané příčiny se následně podle zadaných kritérií sestupně seskupí do tabulky spolu s absolutní, kumulativní četností a kumulativní relativní četností. Následně se sestrojí graf, kde na ose x jsou jednotlivé příčiny seřazeny sestupně, na levé straně osy y jsou absolutní četnosti a na pravé straně osy y kumulativní relativní četnosti. Z jednotlivých bodů kumulativní relativní četnosti se vytvoří křivka (Lorenzova křivka), která udává, které příčiny je třeba řešit.

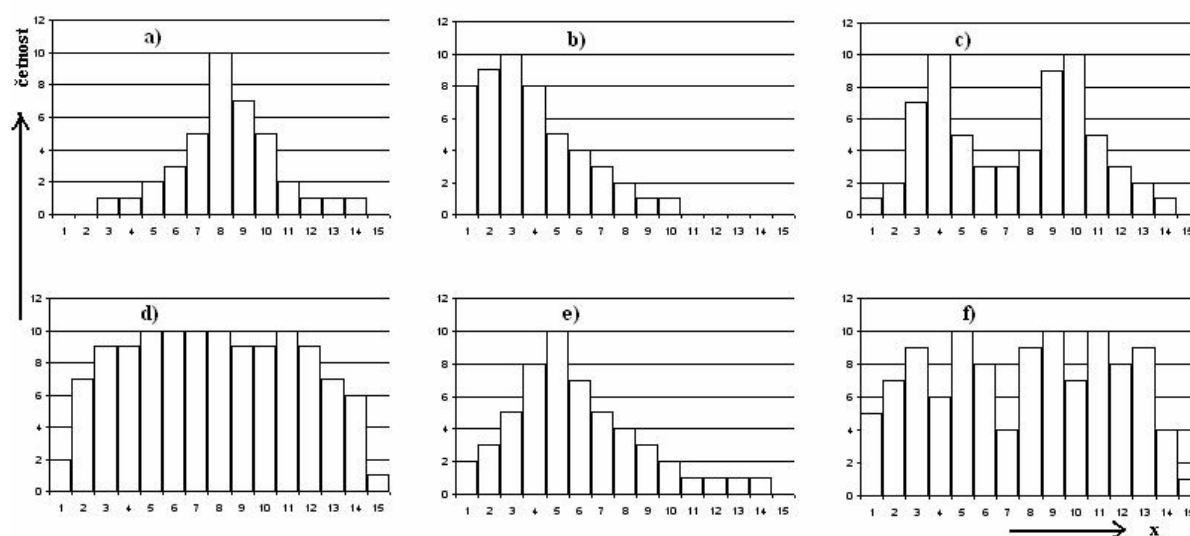


Obr. 5.9: Postup u Paretova diagramu

Z hlediska softwarové podpory je možné Paretův diagram vytvořit například v programu Smart Draw, Diagramming Software nebo Minitab Statistical Software. Program Minitab, s přehledným uživatelským prostředím je též možné použít pro více metod.

5.1.5 Histogram

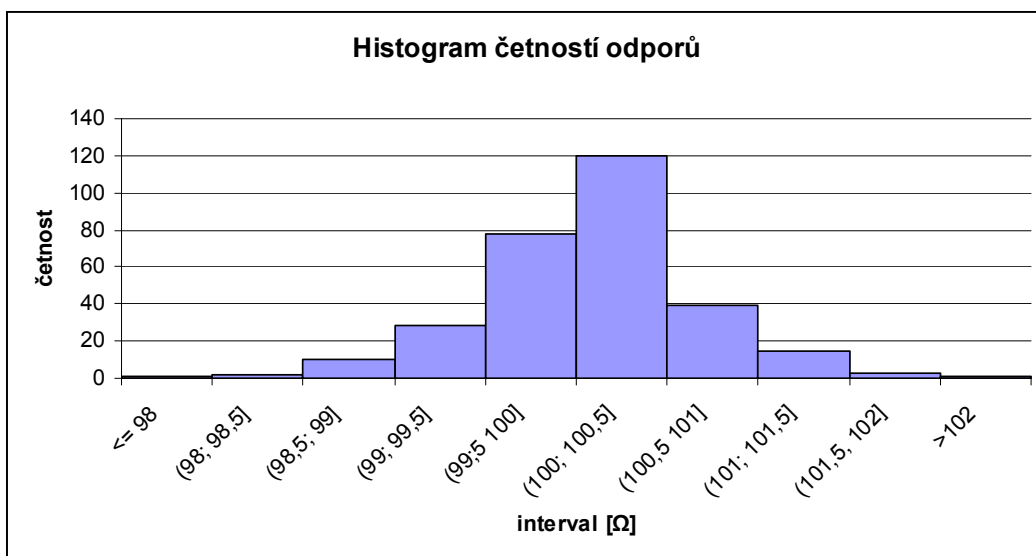
Histogram je grafické ztvárnění hodnot četnosti v tabulce. Dává nám dobrou informaci o působení určitých vlivů a příčin během zkoumaného procesu. Má různé podoby jako jsou dvouvrcholový, plochý, asymetrický, levostranně useknutý, hřebenový, zvonovitý a dvouvrcholový s výraznou četností v krajní třídě [1].



Obr. 5.10: Příklady histogramů: a) zvonovitý, b) levostranně useknutý, c) dvouvrcholový, d) plochý, e) asymetrický, f) hřebenový

Pokladem pro konstrukci je tabulka intervalového (5 až 20 intervalů) rozdělení četnosti hodnot (alespoň 30). Analýza sestrojeného histogramu se soustřeďuje na centrování histogramu (střední hodnota sledovaného znaku), dále pak na šířku histogramu (variabilita hodnot) a také na jeho tvar.

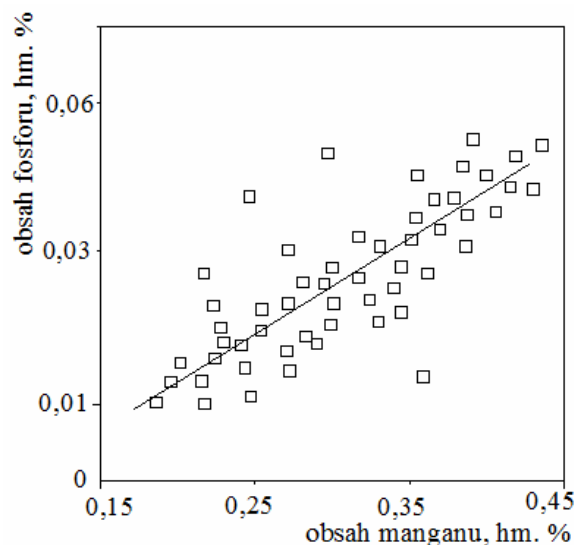
Z hlediska softwarové podpory je možné formulář pro sběr údajů vytvořit například v programu Microsoft Office Excel nebo Minitab Statistical Software.



Obr. 5.11: Příklad histogramu absolutních četností naměřených hodnot odporů

5.1.6 Bodový diagram

Bodový diagram je grafická metoda, která studuje vztahy mezi dvěma proměnnými. Posuzují se vzájemné souvislosti mezi dvěma znaky kvality výrobku, souvislosti mezi znakem kvality výrobku a parametrem procesu a jak údaje odpovídají referenčním hodnotám.



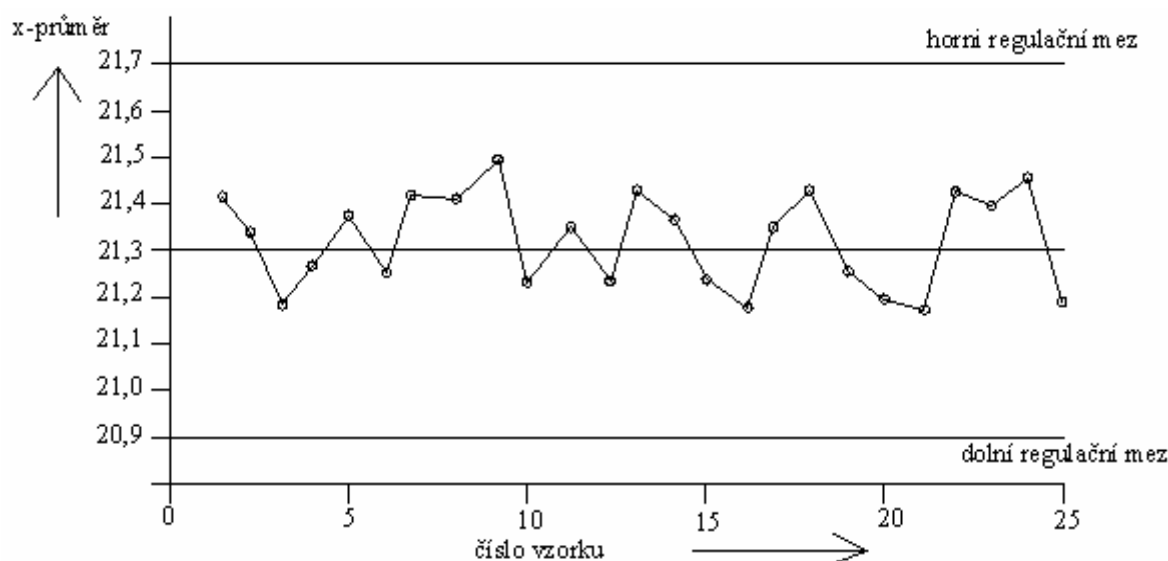
Obr. 5.12: Příklad bodového diagramu – závislost mezi obsahem fosforu a manganu v lázni na konci dmýchání s uhlíkem (0,1 – 0,157hm.%) [1]

Sestrojený bodový diagram poskytuje základní informaci z grafického hlediska o vzájemné souvislosti dvou proměnných. Zda je tento vztah statistický významný a zda lze závislost popsat matematickým vztahem, je potřeba provést další hodnocení pomocí regresní a korelační křivky [1].

Z hlediska softwarové podpory je možné formulář pro sběr údajů vytvořit například v programu Microsoft Office Excel nebo Minitab Statistical Software.

5.1.7 Regulační diagram

Regulační diagram je grafický nástroj, který odlišuje variabilitu procesu vyvolanou vymezitelnými příčinami od variability vyvolané náhodnými příčinami [1].



Obr. 5.13: Příklad regulačního diagramu (Shewhartův pro x- průměr)[14]

Náhodné a vymezitelné příčiny variability

Náhodné příčiny jsou neidentifikované příčiny, přičemž každá se na celkové variabilitě podílí jen malou složkou. Vymezitelné vyvolávají variabilitu, vedoucí k reálné změně výrobního procesu, jež se projeví změnou rozdělení znaku kvality, dělí se na předvídatelné a nepředvídatelné.

Postup zavádění statistické regulace

Nejprve se analyzuje, zda je variabilita vyvolána pouze náhodnými příčinami nebo i působením vymezitelných příčin. Pokud je zjištěno působení vymezitelných příčin, je potřeba je identifikovat a odstranit. Proces ovlivňovaný pouze náhodnými příčinami se označuje jako statisticky zvládnutý.



Obr. 5.14: Postup u regulačního diagramu

Druhy statistické regulace

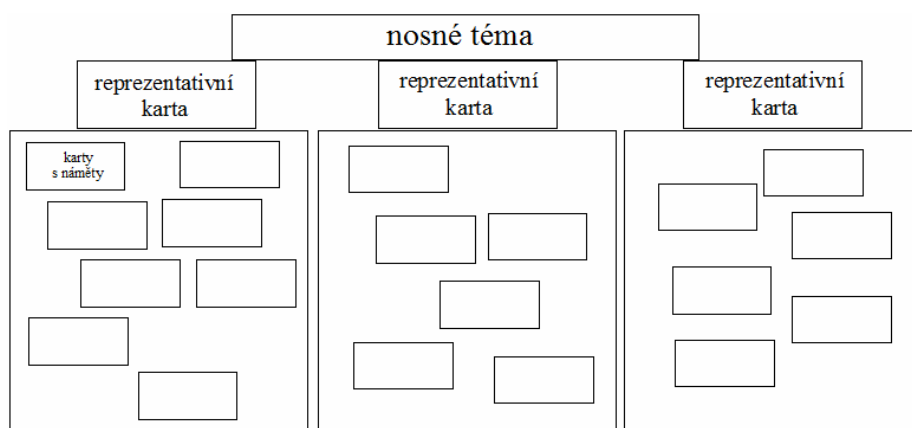
Statistická regulace měřením, která se používá pouze když je sledovaný znak měřitelnou hodnotou a statistická regulace porovnáním, použitelná univerzálně, neboť k její aplikaci stačí identifikovat neshodné výrobky.

Z hlediska softwarové podpory je možné pro regulační diagram použít program Statistical & Power Analysis Software, Minitab Statistical Software nebo program XLSTAT. Program XLSTAT se po nainstalování implementuje do programu MS Excel a využívá jeho prostředí.

5.2 Sedm nových metod

5.2.1 Afinitní diagram

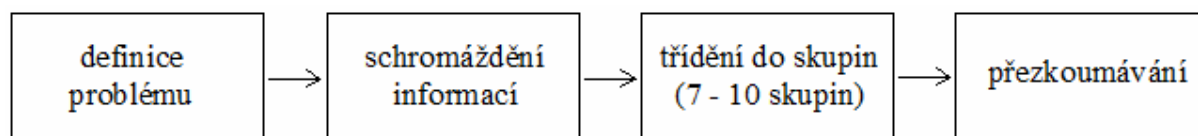
Afinitní diagram (diagram afinity), někdy také označován jako shlukový diagram nebo diagram příbuznosti, graficky uspořádá velké množství informací do logických skupin podle příbuznosti. Používá se zejména tam, kde běžné metody nevedou k cíli. Je vysoce efektivní metodou vzhledem k velkému množství zpracovaných námětů [4].



Obr. 5.15: Afinitní diagram

Tvorba diagramu probíhá v týmu, jehož složení by mělo přibližně souhlasit s řešenou problematikou, tým se dále doplňuje o neodborníky s všeobecnými znalostmi.

V prvním kroku se vymezí a zapíše problém. Tým má za úkol pomocí brainstormingu shromáždit náměty, které mají přispět k vyřešení problému. Náměty se dále doplňují o informace z jiných zdrojů. Po zakončení diskuze se kartičky s náměty rozmístí na dostatečně velkou plochu a seskupí podle příbuznosti do přirozených skupin. Pomocí dosažených výsledků se sestrojí afinitní diagram, který zobrazuje získané náměty uspořádané do skupin.



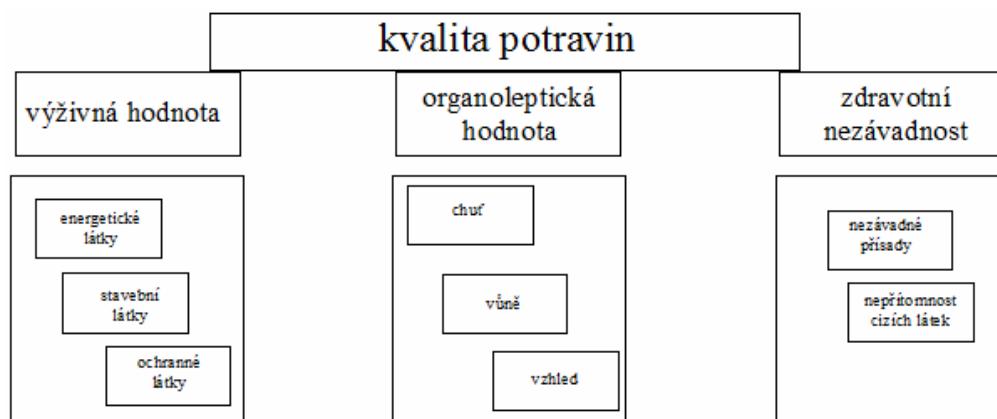
Obr. 5.16: Postup u afinitního diagramu

Využívá se při hledání odpovědí na otázky typu:

- Co všechno můžeme udělat pro zlepšení jakosti našich výrobků?
- Jak zvýšit účinnost vzdělávání pracovníků?

- Jaké vlastnosti by měl mít náš nový výrobek?
- Jak dosáhnout lepší motivace pracovníků?
- Jak koncipovat politiku jakosti firmy?
- Co všechno lze udělat pro zavedení TQM ve firmě? [1]

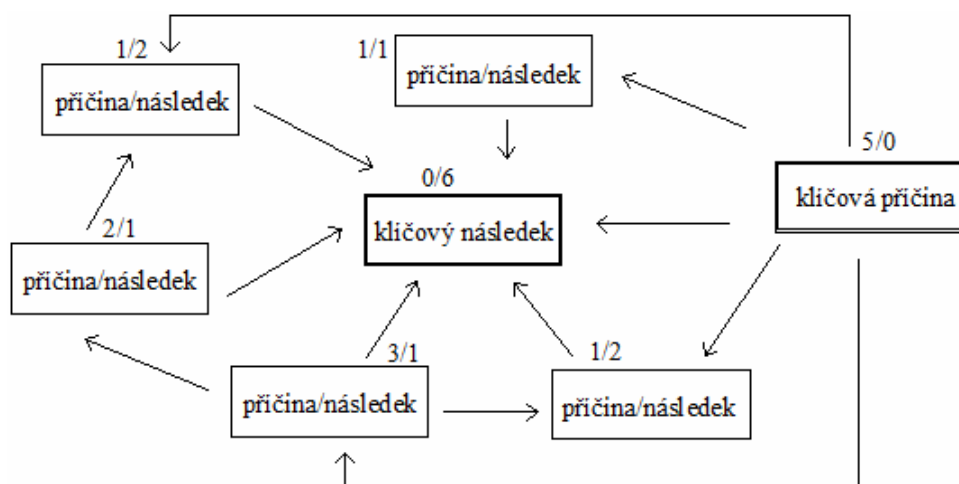
Z hlediska softwarové podpory je možné pro afinitní diagram použít program Microsoft Sticky Sorter nebo program Smart Draw.



Obr. 5.17: Příklad afinitního diagramu – požadavky na kvalitu potravin [4]

5.2.2 Diagram vzájemných vztahů

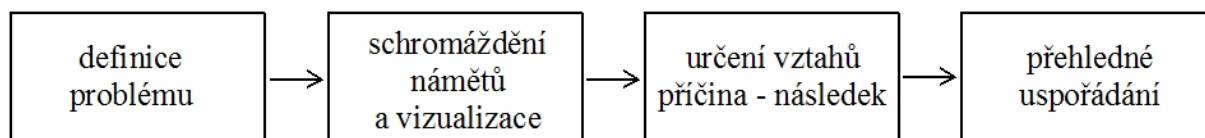
Diagram vzájemných vztahů, označovaný také jako relační diagram, je cenným nástrojem při identifikaci souvislostí námětů řešeného problému. Výchozími údaji bývají náměty použité v afinitním diagramu, které se mohou doplnit o nové. Zpracování diagramu umožňuje lépe porozumět struktuře a vzájemným souvislostem mezi dílčími součástmi studovaného problému a stanovit priority při jeho řešení [1].



Obr. 5.18: Struktura diagramu vzájemných vztahů [1]

Zpracování diagramu probíhá v týmu. Na pracovní plochu se poznačí řešený problém a kolem něj se rozmístí náměty, které se k němu vztahují. Tým má za úkol určit souvislosti

mezi jednotlivými náměty. Vzájemné vztahy se značí šipkami, které směřují od příčiny k následku nebo východiska k následku. Po posouzení vazeb se pro každý námět stanoví počet šipek, které z něj vystupují a k němu směřují a hodnoty se zaznamenají do diagramu. Námět, z něhož vychází nejvíce šipek představuje klíčové východisko nebo příčinu a námět, k němuž směřuje nejvíce šipek, představuje klíčový následek.

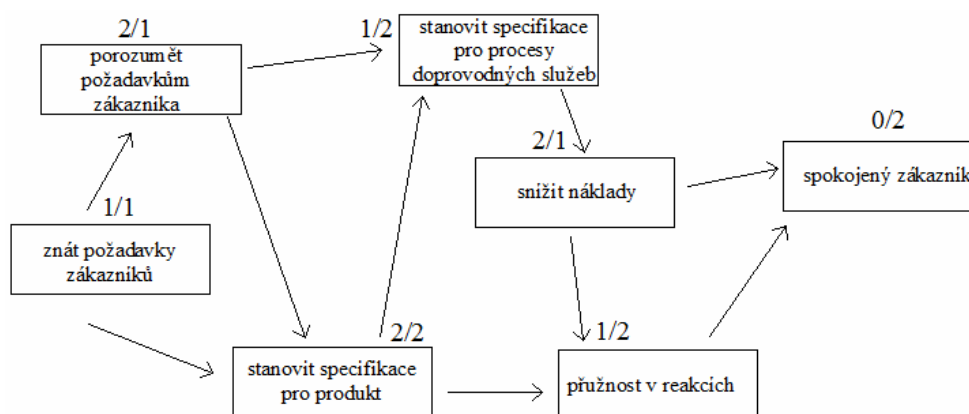


Obr. 5.19: Postup u diagramu vzájemných vztahů

Využívá se při hledání odpovědí na otázky typu:

- Jak spolu souvisí příčiny nízké prodejnosti našich výrobků a která příčina je klíčová?
- Kde začít a jak postupovat při zlepšování kvality našich výrobků?

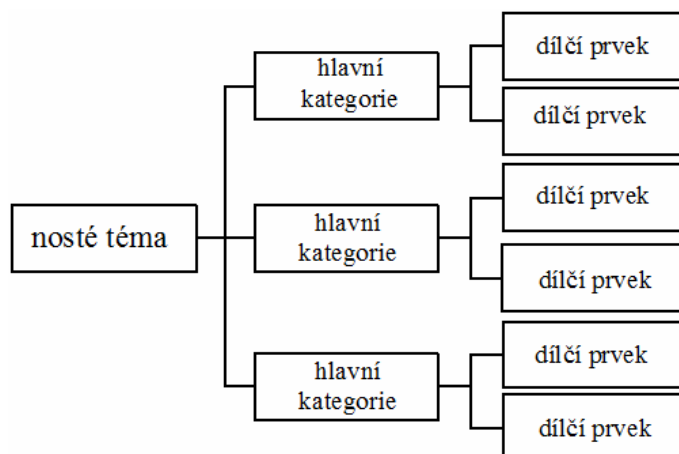
Z hlediska softwarové podpory je možné pro diagram vzájemných vztahů použít program Smart Draw, Diagramming Software, Data Flow Diagram and Entity Relationship Diagram Software nebo Entity Relationship Diagram Software.



Obr. 5.20: Příklad relačního diagramu – spokojený zákazník [4]

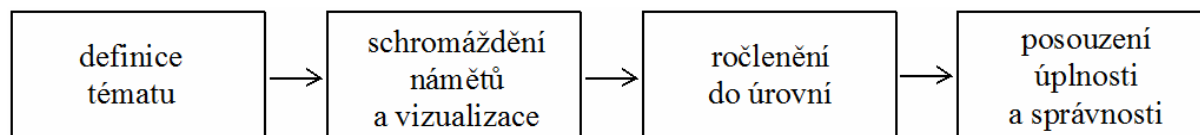
5.2.3 Systematický diagram

Systematický diagram, označovaný také jako stromový, je názorným zobrazením systematické dekompozice určitého celku na jednotlivé dílčí části. Využívá se k rozkladu problému na dílčí problémy, k zobrazení struktury příčin problému, plánu řešení problému atd.



Obr. 5.21: Systematický diagram

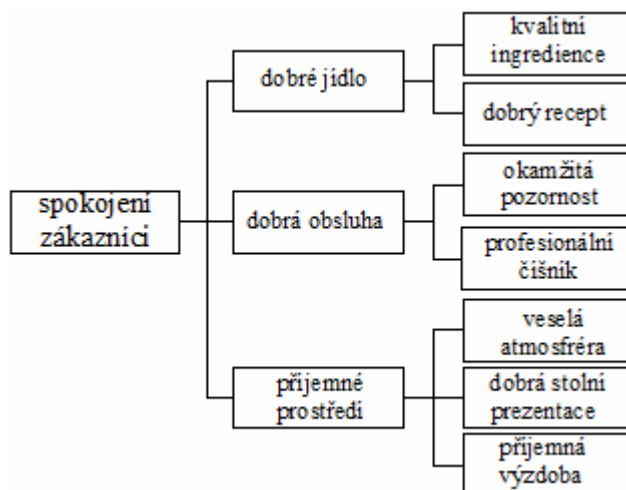
Tvorba diagramu je opět týmovou prací, pokud už byl vytvořen afinitní diagram nebo diagram vzájemných vztahů, lze již vytvořené náměty a jejich vzájemné vztahy použít, jestli ne, musí se náměty prvně vytvořit. Rozklad na dílní části lze usnadnit vhodně volenými otázkami typu: „Proč se to stalo?“, „Jaké jsou možnosti řešení?“, „Jak lze dále členit?“ apod. Pomocí rozkladu se postupně dopracováváme k cílovému stavu [1].



Obr. 5.22: Postup u systematického diagramu

Používá se v praktických situacích, například při rozkladu požadavků zákazníka na konkrétní dílní požadavky, zobrazení logické struktury problému nebo pro systematické uspořádání námětů získaných při zpracování afinitního diagramu nebo diagramu vzájemných vztahů.

Z hlediska softwarové podpory je možné pro systematický diagram použít program Diagramming Software nebo Smart Draw.



Obr. 5.23: Příklad systematického diagramu – spokojenost zákazníků v restauraci

5.2.4 Maticový diagram

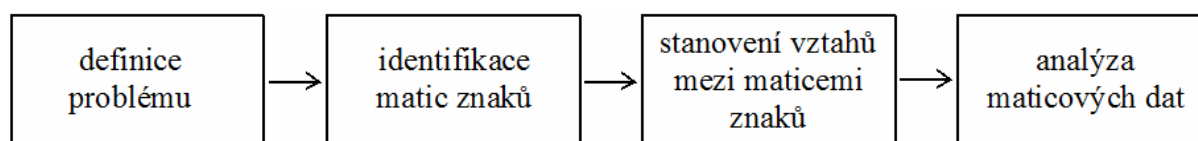
Maticový diagram je uzpůsoben k hlubšímu vymezení vztahů mezi prvky různých rovin navzájem. Jeho využití je k posouzení vzájemných souvislostí mezi několika oblastmi problému. Lokalizuje a odstraňuje „bílá místa“ v informační bázi u řešeného problému a zároveň identifikuje nejdůležitější prvky jednotlivých oblastí a optimalizuje jejich hodnoty.

Nejčastěji se využívají maticové diagramy tvaru „L“, méně se používají diagramy tvaru „T“, „Y“ a „X“, které jsou složeny z několika diagramů tvaru „L“.

		B					
		b1	b2	b3	b4	b5	b6
A	a1				↑		
	a2				↑		
	a3	←			↑		
	a4						
	a5						

Obr. 5.24: Maticový diagram tvaru „L“ [1]

V první fázi tým vymezí oblasti problému a stanoví jejich prvky. Poté se sestojí maticový diagram, do něhož se do záhlaví jednotlivých sloupců a řádků zaznamenají stanovené prvky. Následně se analyzuje a kvalitativně vyhodnocuje míra vzájemných vztahů mezi jednotlivými prvky oblastí. Nejčastěji jsou 4 úrovně vztahů: silná, průměrná a slabá závislost a nezávislost. Míra závislosti se zobrazuje pomocí vhodně zvolených grafických prvků [1].



Obr. 5.25: Postup u maticového diagramu

Používá se při metodě QFD, kde maticový diagram analyzuje vzájemné vztahy mezi požadavky zákazníka a znaků jakosti výrobků. Dále se používá při analýze vztahů mezi vlastnostmi výrobku a výchozí suroviny, požadavky na určité funkční místo a znalostmi a schopnostmi pracovníka atd.

Z hlediska softwarové podpory je možné pro maticový diagram použít program Diagramming Software nebo Smart Draw.

5.2.5 Analýza údajů v matici

Analýza údajů v matici je metoda, která se zaměřuje na porovnávání položek daných řadou prvků, jako jsou výrobky, varianty návrhů, suroviny z různých lokalit, dodavatelé, pracovníci, apod. využívají se zde 4 metody:

a) Analýza hlavních komponent

Je to vícerozměrná statistická metoda, která se používá k redukci počtu prvků vícerozměrných prvků. Na základě analýzy vzájemných vztahů se mezi původními prvky konstruuují nové prvky, které mají za úkol vysvětlit maximum celkového rozptylu původních prvků. Jestliže se podaří vysvětlit hlavní část celkové variability původních prvků, umožňuje analýza porovnávat proměnné pomocí grafického rozhraní.

b) Stanovení vzdáleností mezi vícerozměrnými proměnnými

Zde se porovnávají v matici vícerozměrné proměnné pomocí metriky vzdálenosti. Napřed se shromáždí údaje o posuzovaných proměnných a vymezí se optimální hodnoty prvků. Důležité je určit prvky, které jsou pro posuzování rozhodující. K vyjádření vzdálenosti mezi proměnnými lze použít například Minkowského metriku vzdálenosti, kde se sčítají absolutní hodnoty rozdílů mezi hodnotami jednotlivých prvků posuzovaných proměnných.

c) Mapa

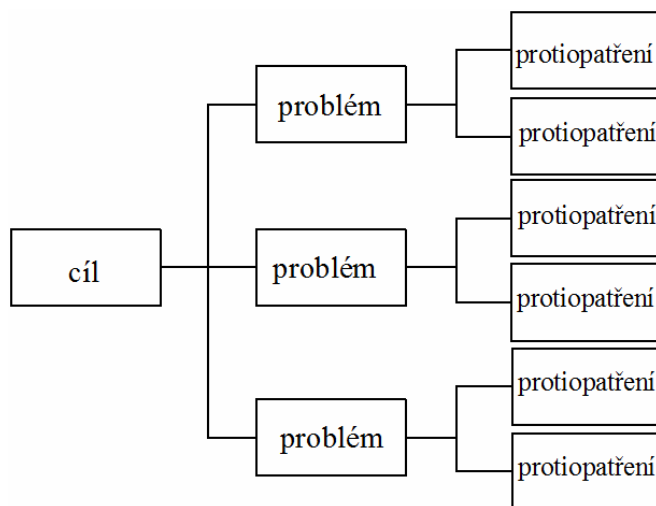
Je to grafické zobrazení polohy posuzovaných položek v rovině, kde se porovnávají dva vybrané rozhodující prvky. Následně se zobrazí položky v mapě, což umožní jejich kategorizaci, analýzu podobnosti a vzdálenost od optima. Používá se pro porovnávání výrobků, surovin, dodavatelů, pracovníků apod.

d) Plošný diagram

Plošný diagram porovnává vícerozměrné proměnné se třemi a více prvky. Hodnoty se vynášejí na osy tvaru paprsku, jejichž počet se rovná počtu porovnávaných prvků. Dále se zde zpracovává plošný diagram odpovídající optimálním hodnotám prvků. U obecného plošného diagramu je potřeba zajistit, aby byly osy stejně dlouhé a měřítko bylo voleno tak, aby délka os odpovídala hodnotám variačního rozpětí jednotlivých prvků [1].

5.2.6 Diagram PDPC

Diagram PDPC (Proces Decision Programm Chart), někdy také rozhodovací diagram, je nástroj na identifikaci problémů, které by mohly nastat při realizaci naplánovaných činností a zároveň se navrhuje protiopatření. Při jeho použití se minimalizuje riziko výskytu problémů při těchto činnostech.

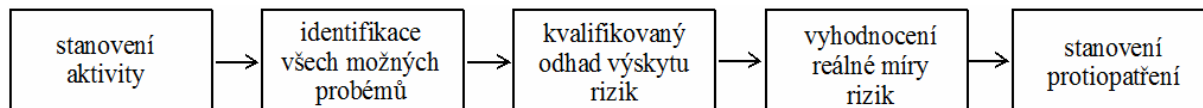


Obr. 5.26: Diagram PDPC

V první fázi tým sestojí systematický diagram vybrané plánované činnosti a poté se po jednotlivých větvích hledají odpovědi na otázky:

- Jaké problémy mohou při vybrané plánované činnosti nastat?
- Jak udělat opatření pro předejití těmto problémům?

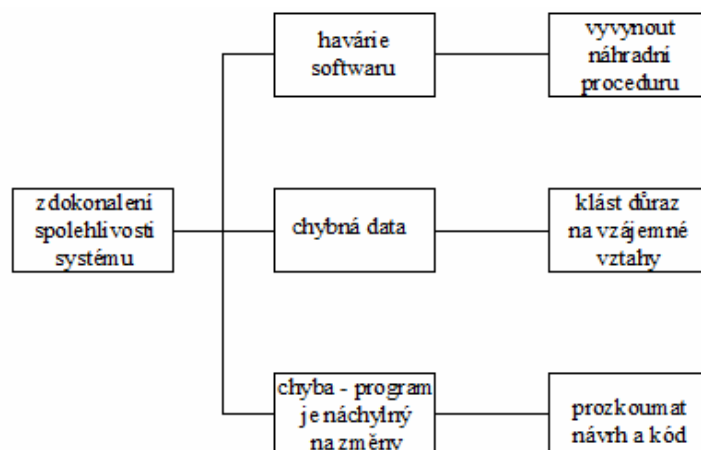
Dále se tyto opatření zapisují do struktury diagramu a připisují se k nim šipky, které směřují k jednotlivým dílčím činnostem.



Obr. 5.27: Postup u diagramu PDPC

Používá se v případech, kdy se jedná o nové úkoly nebo nový způsob jejich řešení, u složitého plánu řešení, popřípadě u zvýšeného rizika výskytu problému.

Z hlediska softwarové podpory je možné pro diagram PDPC použít program DTREG, DPL 7 nebo XLSTAT.

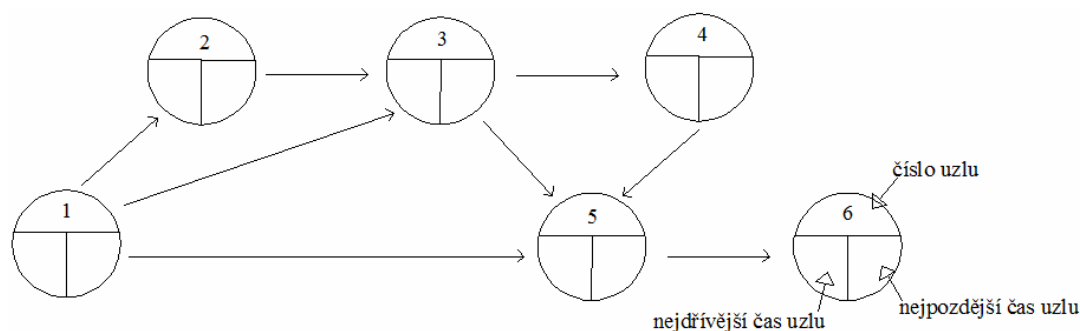


Obr. 5.28: Příklad diagramu PDPC – zdokonalení spolehlivosti systému

5.2.7 Síťový diagram

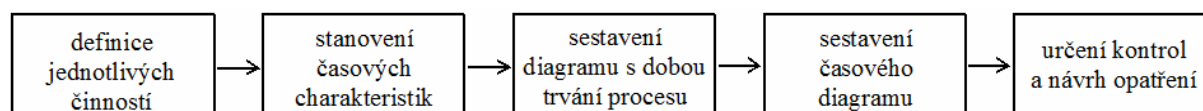
Síťový diagram je nástrojem pro určení optimálního průběhu projektu, který se skládá z řady činností a následného monitorování těchto činností. Z tohoto grafu se získávají podklady, ze kterých se stanoví vhodná opatření pro zkrácení celkové doby trvání projektu. Důležitost tohoto diagramu narůstá s růstem počtu dílčích činností, které jsou potřeba k dosažení stanoveného cíle. Jedna z nejznámějších metod využívající síťový diagram se nazývá metoda kritické cesty – CPM (Critical Path Method) [1]

Používá se při zpracování plánů na vývoj nových výrobků, plánů pro zlepšení kvality, plánů experimentálních měření, zavádění systému managementu apod.



Obr. 5.29: Struktura síťového diagramu

V první fázi by měl tým sestavit vývojový diagram, ve kterém je na prvním místě určení všech dílčích činností, které jsou potřeba pro dosažení určeného cíle. Činnosti se zaznamenávají na kartičky a jednotlivým posouváním na pracovním stole se zobrazují jejich návaznosti. V další fázi se vyhodnocují časové termíny. Tým také posuzuje, zda je nutné všechny činnosti do plánu zařazovat.



Obr. 5.30: Postup u síťového diagramu

Využívá se při hledání odpovědí na otázky typu:

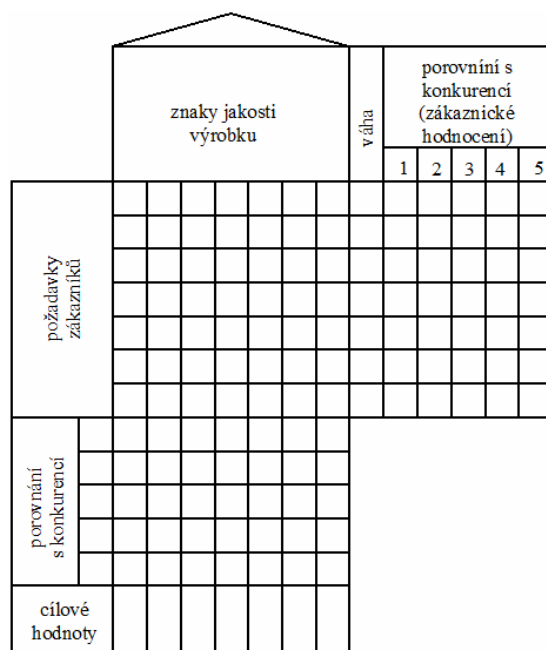
- Jaký je očekávaný termín projektu?
- Jaký je harmonogram zahájení a ukončení každé dílčí činnosti v plánu?
- Které činnosti musí být ukončeny přesně podle harmonogramu, aby nedošlo k celkovému zpoždění?
- Které činnosti mají určité časové rezervy a jaká je hodnota těchto rezerv?

Z hlediska softwarové podpory je možné pro síťový diagram použít program Diagramming Software.

5.3 Některé ostatní metody

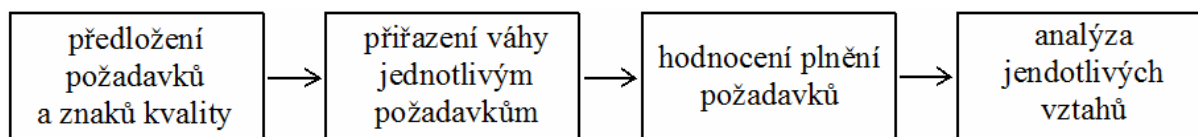
5.3.1 QFD – Dům kvality

QFD (Quality Function Deployment) metoda je určená pro plánování kvality a je založená na principu maticového diagramu. Představuje strukturovaný přístup pro stanovení potřeb a požadavků zákazníků a převádí je do dalších stádií plánování kvality a vývoje výrobku a procesu jeho výroby. Je důležitým nástrojem pro komunikaci, a její úspěšnost je založena na týmové práci pracovníků z různých odborných útvarů zapojených do vývoje výrobku. Je užitečná pro lepší komunikaci a spolupráci mezi odbornými útvary, pro vyšší úroveň vzájemné informovanosti, rozvoj týmové práce a efektivnější průzkum trhu [1].



Obr. 5.31: Dům kvality [1]

V projektu by měli být zapojeni pracovníci marketingu, vývoje, konstrukce, řízení kvality, přípravy výroby, výroby, technické kontroly, ekonomického útvaru atd., přičemž pro jednotlivé dílčí aplikace lze složení týmu modifikovat. Pracovníci marketingu předloží požadavky zákazníků a pracovníci vývoje seznam znaků kvality, které popisují navrhovaný výrobek. Požadavky a znaky kvality výrobku se zaznamenávají do řádků a sloupců diagramu. V další fázi se každému z požadavků přiřazuje váha vyjádřená bodovým hodnocením (standardně stupnice 1 až 5), je to pro zohlednění rozdílné závažnosti jednotlivých požadavků zákazníků. Nejnížší hodnocení mají ty požadavky, které jsou pro zákazníka téměř nepostřehnutelné a nejvyšší hodnocení mají ty požadavky, které jsou pro zákazníka zvlášť důležité. Další částí je hodnocení, jak výrobky organizace plní jednotlivé požadavky zákazníků ve srovnání s obdobnými konkurenčními výrobky (také stupnice 1 až 5). V další fázi tým analyzuje vztahy mezi jednotlivými požadavky zákazníků a znaky kvality navrhovaného výrobku a zapisuje je do diagramu.



Obr. 5.32: Schéma tvorby Domu kvality

Nejčastější 2 přístupy uplatnění:

a) Čtyř maticový přístup R. Makabeho

- plánování výrobků
- plánování dílů
- plánování procesů
- plánování výroby

b) Přístup Y. Akaa

- využívá 30 maticových diagramů
- jde hodně do hloubky

Z hlediska softwarové podpory je možné pro metodu QFD použít program QFDcapture nebo QFD Quality Function Deployment Software.

5.3.2 FMEA – Analýza možností vzniku vad a jejich následků

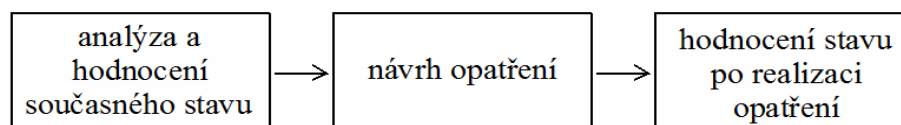
FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) je jedna ze základních metod plánování a zlepšování jakosti a důležitou součástí přezkoumání návrhu. Je to týmová analýza možností vzniku vad u posuzovaného návrhu, ohodnocení jejich rizika a návrh a realizaci opatření vedoucích ke zlepšení jakosti návrhu. Využívá se pro prevenci výskytu neshod. Pomocí této metody lze odhalit 70 až 90% procent neshod [1].

funkce ----- prvek	možná vada	možné následky vady	význam kritičnost	možné příčiny/ mechanismy vady	výskyt	stávající způsoby posuzování návrhu	odhalitelnost rizikové číslo	doporučená opatření	odpověd- nost, termín realizace	provedená opatření	význam	výskyt	odhalitelnost	rizikové číslo

Obr. 5.33: Formulář FMEA návrhu výrobku

Při použití u nových výrobků či procesů by měla být zahájena dostatečně včas, nejlépe když je zpracována první koncepce řešení. Čím později bude zahájena, tím vyšší náklady a časové ztráty lze očekávat při realizaci případných změn. Včasné zahájení analýzy je

důležité proto, aby se do plánovaného zahájení výroby podařilo navržená opatření realizovat. Realizuje se v týmu, který se skládá z pracovníků vývoje, konstrukce, technologie, výroby, útvaru řízení kvality a dalších. Průběh analýzy je průběžně zaznamenáván do formuláře.



Obr. 5.34: Schéma metody FMEA

Z hlediska softwarové podpory je možné pro metodu FMEA použít program FMEA software.

FMEA návrhu výrobku

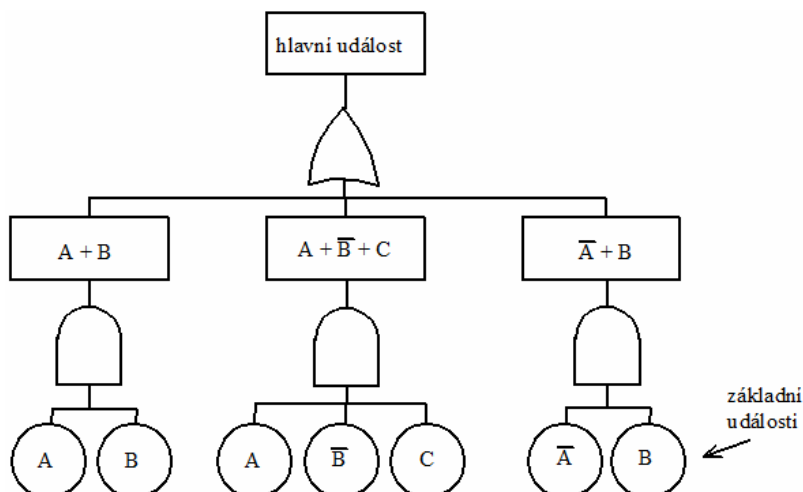
Zajišťuje úplné zkoumání návrhu výrobku, který má za cíl již v etapě návrhu odhalit všechny nedostatky, jež by navrhovaný výrobek mohl mít, a ještě před jeho schválením realizovat opatření na odstranění těchto nedostatků.

FMEA návrhu procesu

Většinou se provádí před zahájením výroby nových či inovovaných výrobků a obvykle následuje po FMEA návrhu výrobku, ze které využívá výsledky. Příčiny možných vad se nehledají v návrhovém řešení výrobku, ale v navrhovaném technologickém postupu. Je velice cennou metodou pro analýzu a přezkoumání již používaného výrobního procesu, protože umožňuje odhalit slabá místa a tak iniciovat jeho zlepšování.

5.3.3 FTA – Analýza stromu poruchových stavů

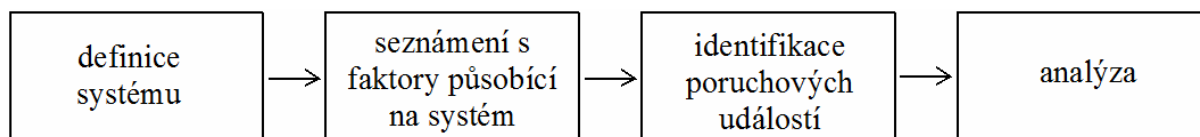
FTA (Fault Tree Analysis) je metodou analýza spolehlivosti složitých systémů, založenou na rozkladu určité nebezpečné události na dílčí až elementární události. Představuje deduktivní metodu zaměřenou na zjištění příčin nebo jejich kombinací, mající za následek definovanou nebezpečnou událost. Umožňuje optimalizovat analyzovaný systém tak, aby se pravděpodobnost nebezpečné události snížila [1].



Obr. 5.35: Strom poruchových stavů

Obvykle následuje po analýze FMEA, která je základním krokem pro analýzu chování systému. Základním nástrojem je strom poruchových stavů, představující grafické vyjádření vztahu mezi jednotlivými dílčími událostmi a konečnou nežádoucí událostí. Při konstrukci je použita grafická symbolika. Základními prvky větvení jsou hradla, vyjadřující hierarchii nežádoucích událostí a určující, zda k nežádoucí výstupní události dojde pouze tehdy, nastanou-li všechny vstupující události nebo postačí, nastane-li kterákoliv ze vstupujících událostí.

V první fázi se definuje analyzovaný systém, stanovuje se rozsah a účel analýzy. V další fázi se detailněji seznamuje s faktory působící na systém. Na tuto fázi navazuje identifikace důležitých poruchových událostí a následně identifikace všech dílčích událostí, které se přímo podílejí na vybrané poruchové události. Nakonec se zpracovaný strom poruchových stavů podrobuje analýze.



Obr. 5.36: Schéma metody FTA

Z hlediska softwarové podpory je možné pro metodu FTA použít program Fault Tree/Event Tree nebo BlockSim 7.

6 Praktická část

V praktické části jsou vytvořeny případové studie, které reprezentují využití zde uvedených sedm základních metod v konkrétních příkladech s použitím programu Microsoft Excel. V každé metodě jsou na počátku vstupní data, která jsou následně zpracovávána a z nich vznikne příslušný diagram nebo analýza. Vstupní data pro Paretův diagram a regulační diagram jsou získána pomocí formulářů pro sběr údajů. Na Paretův diagram následně navazuje diagram příčin a následků, ve kterém je řešena jedna z hlavních příčin Paretova diagramu. Dále je zde uveden příklad vývojového diagramu s popisem jednotlivých dílčích kroků, třech druhů histogramů a bodový diagram.

6.1 Vývojový diagram

Příklad vytvoření vývojového diagramu

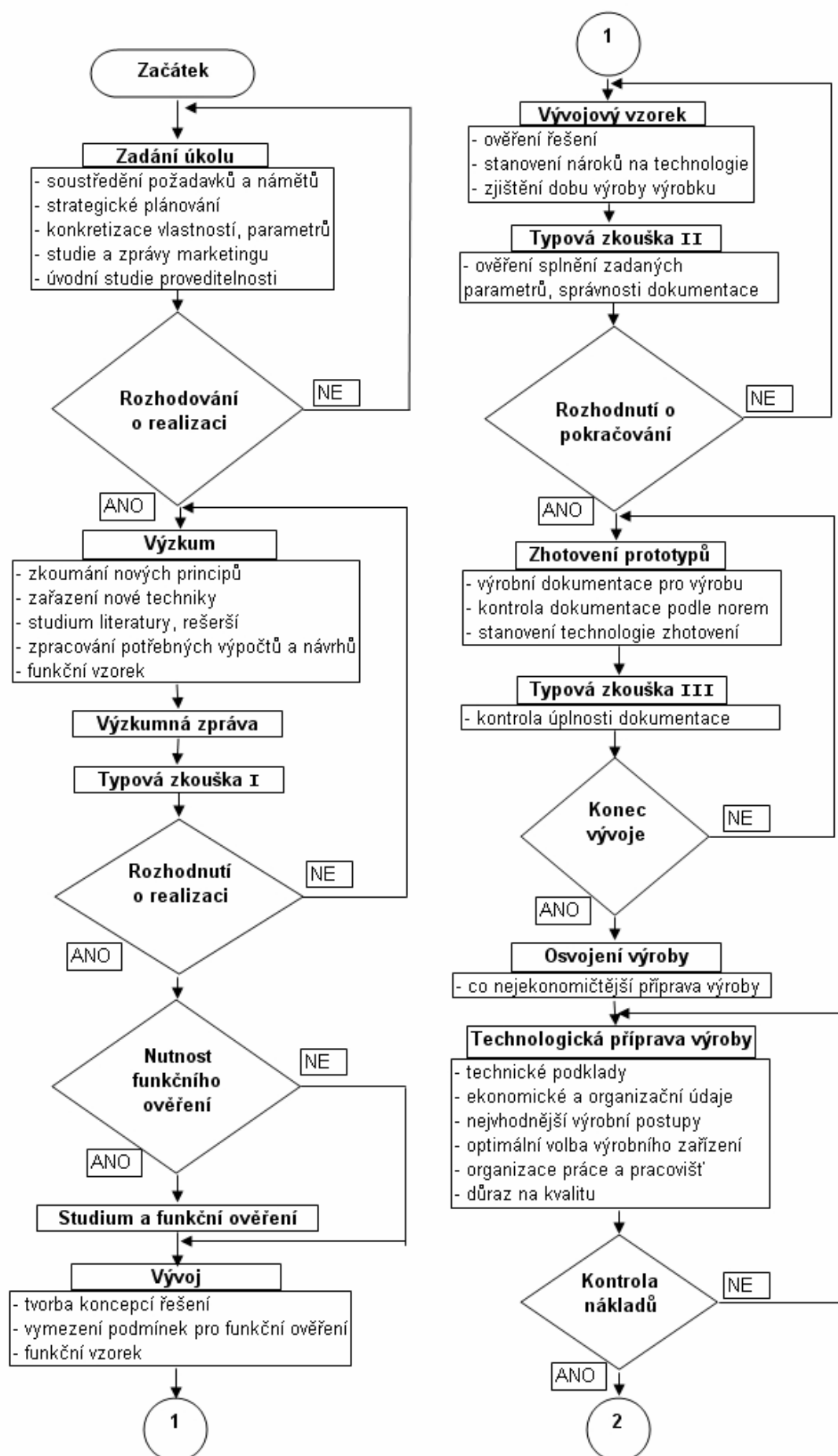
Postup při vzniku nového výrobku – stanovení náplní práce, postupů a činností, které po sobě následují v jednotlivých fázích výroby výrobku.

Na začátku se shromáždí všechny dílčí kroky procesu, tabulka 6.1, ze které se sestaví vývojový diagram, viz. obrázek 6.1. Jednotlivé dílčí kroky procesu jsou v diagramu seřazeny postupně jak po sobě v daném procesu následují a jak na sebe navazují, případně jsou ještě doplněny vysvětlením nebo konkrétnějším vyjádřením.

Tab.6.1: Dílčí kroky procesu vzniku nového výrobku

Jednotlivé kroky vzniku nového výrobku
zadání samotného úkolu
fáze výzkumu
fáze vývoje
typová zkouška I, II a III
studium a funkční ověření
vývojový vzorek
zhotovení prototypů
technologická příprava výroby
osvojení výroby
ověřovací série
technická zpráva
samotná výroba

Při tvorbě vývojového diagramu se prvně stanoví počátek a konec, což prezentují oválné symboly (mezní značka), dále pak pro zpracování úkolu se používá symbol obdélníkového tvaru a pro zpracování rozhodování symbol kosočtverce. Pro přechod a pokračování téhož vývojového diagramu na jiném místě se používá symbol spojky (kulatý symbol) označený číslem, kde jsou stejná čísla na navazujících koncích. Návaznost jednotlivých kroků je tvořena šipkami, vedoucími od předcházejí operace k následující.





Obr. 6.1: Vytvořený vývojový diagram – fáze přípravy výroby

Rozbor vývojového diagramu

První fáze je zadání úkolu. Soustředí se zde náměty a požadavky, které budou potřeba k novému navrhované výrobku. Specifikují se zde vlastnosti, cena a parametry, které provádí vrcholové vedení firmy. Pracovníci výzkumu, vývoje, obchodu a marketingu vypracovávají podrobné zprávy a první studie, které jsou zpracovány jako úvodní studie proveditelnosti.

Následuje rozhodnutí podle veškerých studií, jestli je nový výrobek realizovatelný.

Druhá fáze je fáze výzkumu. Využívá se, pokud nejsou známy některé principy pro konkrétní řešení výrobku. Zkoumají se nové principy, nebo se využívají principy zavedené, ale novým způsobem. Provádí se výpočty a návrhy obvodů, softwaru, které se dále ověřují. Dále se může zhotovit funkční vzorek, který nemusí mít podobu konečného výrobku. Výsledky a poznatky jsou zpracovány ve výzkumné zprávě. Po následné typové zkoušce I se rozhoduje o pokračování vývoje nebo jestli se bude výzkumná etapa opakovat.

Studium a funkční ověření. Pokud byly problémy natolik propracované ve fázi vývoje, tato fáze se nezařazuje.

Třetí je fáze vývoje. Během studia tým vytváří postup řešení, stanovuje technické, materiálové, výrobní podmínky pro přípravu nového výrobku. Součástí fáze vývoje je zhotovení vývojového vzorku, který se testuje jestli konstrukčně odpovídá zadaným

požadavkům. Dále se stanovují nároky na technologie a odhaduje se potřebný čas na zhotovení výrobku. Je provedena typová zkouška II, která ověřuje vlastnosti vzorku a s právnost dokumentace.

Dále se zhotovují prototypy. Výrobní dokumentace prototypů se zpracovává se všemi náležitostmi. Prototypy svými parametry odpovídají budoucím výrobkům a jsou na nich prováděny externí zkoušky. Je prováděna typová zkouška III, která prověřuje dosažení zadaných parametrů, vlastností a úplnost dokumentace.

Následující fáze je fáze technologické přípravy výroby. Zde se shromažďují technické podklady (schémata, software, výkresy, nastavení, kontroly) a ekonomické a organizační údaje (nákladový limit, předpokládaná sériovost, stanovení termínů).

Ověřovací série prověřuje konstrukční dokumentace, postupy, náplně jednotlivých operací, nastavení, čas na výrobních pracovištích a ověření předpokládaných ekonomických parametrů [15].

Po této fázi a zodpovězení posledních připomínek následuje samotná výroba výrobku.

6.2 Paretův diagram

Příklad vytvoření Paretova diagramu

Studie firmy, která vyrábí desky plošných spojů. Firma během roku sledovala celý postup výroby, výsledné výrobky, manipulaci s nimi včetně skladování a postupně formulovala a zapisovala příčiny, které mají za následek vadný výrobek. Během celého roku bylo vyrobeno celkem 10000 desek plošných spojů.

V první fázi se do jednotlivých formulářů pro sběr údajů zapisovaly chyby, po tom co nastaly, které měly za následek vadný výrobek. Ve formuláři je zapsán pracovník, pracoviště, název výrobku, datum a čas kdy se chyba stala, popis chyby a její předpokládaná příčina, která se následně musela ověřit, než se s ní dále pracovalo.

Tab.6.2: Formulář zjištěných vad

Formulář zjištěné vady 2008	
Jméno a příjmení pracovníka:	Zdeněk Konečný
Identifikační číslo pracovníka:	2585/05
Název pracoviště:	Linka výroby desek plošných spoje
Číslo pracoviště:	02
Název kontrolovaného výrobku:	Laminátová deska 20x20mm
Číslo kontrolovaného výrobku:	228/6/5
Datum zjištěné vady:	6.5.2008
Čas zjištěné vady:	9:28

Popis vady:	Ulomená část desky (roh) pravděpodobně z důvodu špatné manipulace
Předpokládaná příčina vady:	Lidská chyba
Možná oprava výrobku:	Ne
Poznámky:	

Postupně, jak se chyby vyskytovaly, se zapisovaly do tabulky 6.3, kde jsou pro lepší přehlednost uspořádány do jednotlivých čtvrtletí. Z tabulky je patrné, že nejvíce chyb se vyskytlo ve třetím čtvrtletí roku.

Tab.6.3: Tabulka chyb v jednotlivých čtvrtletích roku

1. čtvrtletí roku	2.čtvrtletí roku	3.čtvrtletí roku	4.čtvrtletí roku
Lidská chyba	Nekompletní dokumentace	Chyba v materiálu	Nedokončená výroba
Nekompletní dokumentace	Chyba v materiálu	Lidská chyba	Vadné součástky
Lidská chyba	Lidská chyba	Lidská chyba	Lidská chyba
Chyba v materiálu	Chyba v materiálu	Nespecifikovaná chyba	Nekompletní dokumentace
Chyba v materiálu	Chyba v materiálu	Porucha zařízení	Lidská chyba
Lidská chyba	Lidská chyba	Lidská chyba	Špatné uskladnění
Lidská chyba	Lidská chyba	Lidská chyba	Vadné součástky
Chyba v materiálu	Lidská chyba	Nedokončená výroba	Nespecifikovaná chyba
Nespecifikovaná chyba	Nespecifikovaná chyba	Chyba v materiálu	Vadné součástky
Vadné součástky	Lidská chyba	Chyba v materiálu	Chyba v materiálu
Chyba v materiálu	Špatný návrh výroby	Lidská chyba	Chyba v materiálu
Porucha zařízení	Nespecifikovaná chyba	Lidská chyba	Lidská chyba
Nespecifikovaná chyba	Lidská chyba	Chyba v materiálu	Lidská chyba
Lidská chyba	Chybný postup výroby	Lidská chyba	Nedokončená výroba
Nespecifikovaná chyba	Lidská chyba	Nekompletní dokumentace	Špatné uskladnění
Chyba v materiálu	Chyba v materiálu	Chyba v materiálu	Špatné uskladnění
Vadné součástky	Vadné součástky	Porucha zařízení	Lidská chyba
Chyba v materiálu	Chyba v materiálu	Vadné součástky	Porucha zařízení
Lidská chyba	Chyba v materiálu	Chyba v materiálu	Chyba v materiálu
Vadné součástky	Nekompletní dokumentace	Lidská chyba	Chybný postup výroby
Chyba v materiálu	Lidská chyba	Nespecifikovaná chyba	Vadné součástky

Špatné uskladnění	Lidská chyba	Lidská chyba	Lidská chyba
Nekompletní dokumentace	Nespecifikovaná chyba	Lidská chyba	Chyba v materiálu
Lidská chyba	Chyba v materiálu	Porucha zařízení	Lidská chyba
Nekompletní dokumentace	Porucha zařízení	Chyba v materiálu	Lidská chyba
Chyba v materiálu	Lidská chyba	Chyba v materiálu	Chyba v materiálu
Vadné součástky	Chyba v materiálu	Lidská chyba	Nespecifikovaná chyba
Lidská chyba	Lidská chyba	Chyba v materiálu	Porucha zařízení
Lidská chyba	Nespecifikovaná chyba	Vadné součástky	Nekompletní dokumentace
Lidská chyba	Lidská chyba	Špatné uskladnění	Chyba v materiálu
Lidská chyba	Nespecifikovaná chyba	Lidská chyba	Vadné součástky
Porucha zařízení	Chyba v materiálu	Nedokončená výroba	Lidská chyba
Nespecifikovaná chyba	Nekompletní dokumentace	Nekompletní dokumentace	Špatné uskladnění
Lidská chyba	Chyba v materiálu	Vadné součástky	Lidská chyba
Vadné součástky	Lidská chyba	Vadné součástky	Nespecifikovaná chyba
Lidská chyba	Vadné součástky	Lidská chyba	Vadné součástky
Porucha zařízení		Vadné součástky	Lidská chyba
Špatné uskladnění		Špatné uskladnění	
Nekompletní dokumentace		Nespecifikovaná chyba	
Lidská chyba		Chybný postup výroby	
		Lidská chyba	
		Chyba v materiálu	

Další postup byl takový, že se vypsaly jednotlivé chyby v jednotlivých čtvrtletích a zobrazily jejich četnosti, viz tabulka 6.4. Na konci tabulky je celkový součet chyb v každém čtvrtletí zvlášť, tj. v prvním čtvrtletí bylo 40, ve druhém bylo 36, ve třetím 42 a ve čtvrtém 37 chyb.

Tab.6.4: Tabulka četností jednotlivých chyb v jednotlivých čtvrtletích

Druhy chyb	1. čtvrtletí	2. čtvrtletí	3. čtvrtletí	4. čtvrtletí
Lidská chyba	14	13	14	11
Porucha zařízení	3	1	3	2
Vadné součástky	5	2	5	6
Chyba v materiálu	8	10	10	6
Nekompletní dokumentace	4	3	2	2
Špatné uskladnění	2	0	2	4
Nedokončená výroba	0	0	2	2
Nespecifikovaná chyba	4	5	3	3
Chybný postup výroby	0	1	1	1
Špatný návrh výroby	0	1	0	0
Celkem chyb	40	36	42	37

Následně se jednotlivé chyby za celý rok sečetly. Bylo zjištěno celkem 155 chyb během roku, které měly za následek vadný výrobek.

Tab.6.5: Tabulka četností jednotlivých chyb v celém roce

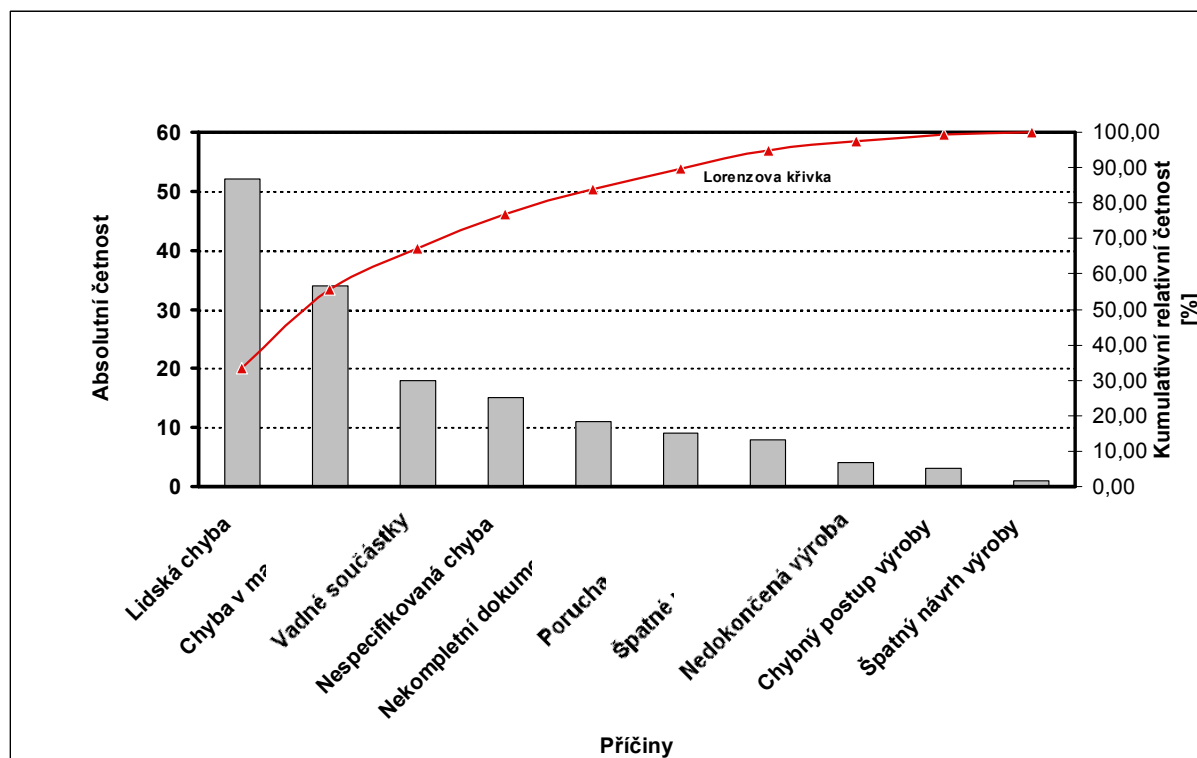
Druhy chyb	počet
Lidská chyba	52
Porucha zařízení	9
Vadné součástky	18
Chyba v materiálu	34
Nekompletní dokumentace	11
Špatné uskladnění	8
Nedokončená výroba	4
Nespecifikovaná chyba	15
Chybný postup výroby	3
Špatný návrh výroby	1
Celkem chyb	155

Dále pro potřeby vytvoření Paretova diagramu byly jednotlivé chyby seřazeny v tabulce od nejvyšší četnosti po nejnižší. Poté vypočítán podíl jednotlivých chyb v procentech, kumulativní četnost a kumulativní relativní četnost také v procentech.

Tab.6.6: Tabulka seřazených chyb podle četnosti a vypočtený podíl v procentech

Druhy chyb	Seřazená absolutní četnost jednotlivých chyb	Podíl [%]	Kumulativní četnost	Kumulativní relativní četnost [%]
Lidská chyba	52	33,55	52	33,55
Chyba v materiálu	34	21,94	86	55,48
Vadné součástky	18	11,61	104	67,10
Nespecifikovaná chyba	15	9,68	119	76,77
Nekompletní dokumentace	11	7,10	130	83,87
Porucha zařízení	9	5,81	139	89,68
Špatné uskladnění	8	5,16	147	94,84
Nedokončená výroba	4	2,58	151	97,42
Chybný postup výroby	3	1,94	154	99,35
Špatný návrh výroby	1	0,65	155	100,00

V poslední fázi byl v programu Microsoft Excel z tabulky 6.6 vytvořen graf, v němž jsou na vodorovné ose vypsány jednotlivé druhy chyb (seřazeny od nejčetnější jako v tabulce), na levé svislé ose jsou vyneseny absolutní četnosti jednotlivých chyb a na pravé svislé ose kumulativní relativní četnosti. Spojením bodů kumulativní relativní četnosti získáme spojitou křivku (Lorenzova křivka), která slouží pro zjištění, které příčiny je potřeba nutně řešit.



Obr. 6.2: Vytvořený Paretův diagram

Z výsledné analýzy a Lorenzovy křivky v grafu je patrné, že přes 55% vadných výrobků je zaviněno lidskou chybou a vadným materiálem. Lidská chyba má 33,55% podíl a vadný materiál má 21,94% podíl. Ostatní druhy chyb jsou sice méně častější, ale také nejsou zanedbatelné.

Pro prevenci lidských chyb musí firma zajistit účinná protiopatření, tzn. lepší motivaci zaměstnanců, řádné zaškolení, stabilní kontrolu atd. Lidské chyby jsou dále rozebrány v diagramu příčin a následků. Pro prevenci vadného materiálu je potřeba zajistit lepší kontrolu dodaného materiálu, případně změnit dodavatele, nebo zlepšit uskladnění dodaného materiálu, pokud přímo nejde do výroby.

6.3 Diagram příčin a následků

Příklad vytvoření diagramu příčin a následků

V Paretově analýze bylo zjištěno, že na největším počtu vadných výrobků se podílí lidská chyba, proto firma provedla studii, která má ukázat jaké faktory se vztahují k lidské chybě.

V první řadě se muselo shromáždit do nejvíc možných příčin selhání lidského faktoru, které budou sloužit pro vytvoření diagramu příčin a následků, viz tabulka 6.7. Příčiny se shromažďovaly ať už na základě pozorování pracovníků během jejich pracovní činnosti, ze známých věcí nebo z vlastních zkušeností.

Tab.6.7: Tabulka příčin vzniku lidské chyby

Možné příčiny lidské chyby v průběhu výroby	
---	--

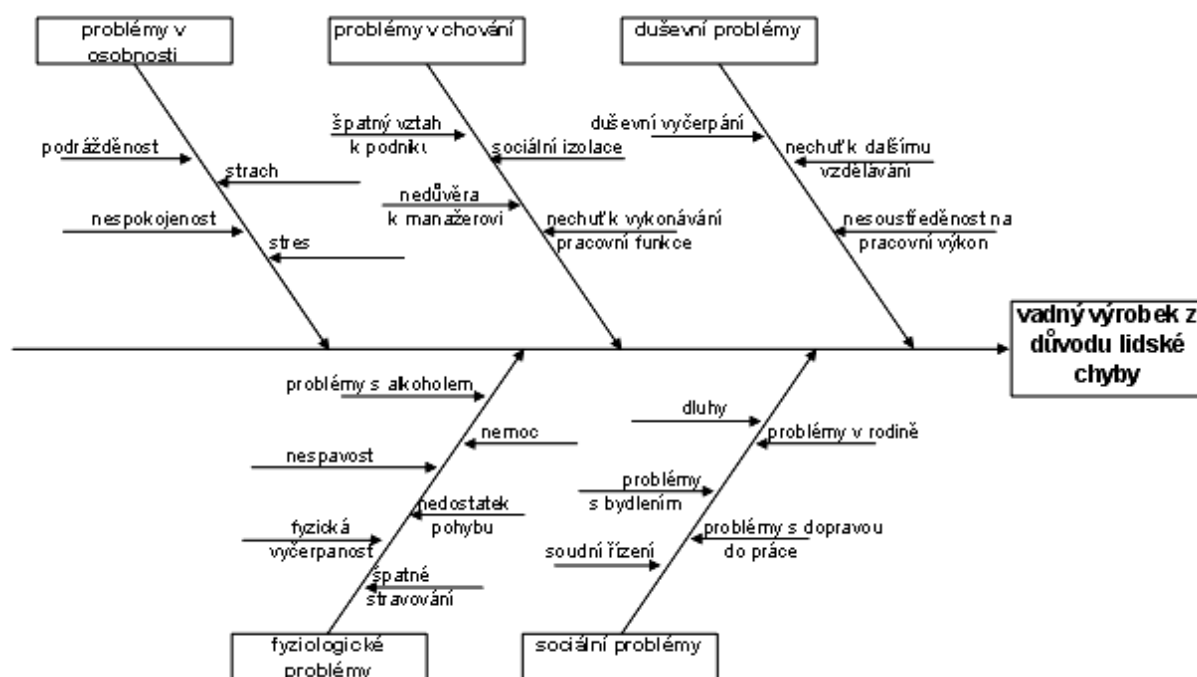
1	špatný vztah k podniku
2	problémy s alkoholem
3	dluhy
4	duševní vyčerpání
5	nemoc
6	podrážděnost
7	sociální izolace
8	problém s nespavostí
9	nechuť k dalšímu vzdělávání
10	strach
11	nedůvěra k manažerovi
12	problémy v rodině
13	problémy s bydlením
14	nedostatek pohybu
15	nespokojenost
16	nechuť k vykonávání pracovní funkce
17	stres
18	nesoustředěnost na pracovní výkon
19	problémy s dopravou do práce
20	fyzická vyčerpanost
21	soudní řízení
22	špatné stravování

Po seskupení co největšího počtu možných příčin lidských chyb se tyto chyby následně roztřídily do příslušných kategorií jako jsou problémy v osobnosti, v chování, duševní, fyziologické a sociální problémy, které představují hlavní faktory lidské chyby.

Tab.6.8: Tabulka setříděných příčin do kategorií

problémy v osobnosti	problémy v chování	duševní problémy
podrážděnost	špatný vztah k podniku	duševní vyčerpání
strach	sociální izolace	nechuť k dalšímu vzdělávání
nespokojenost	nedůvěra k manažerovi	nesoustředěnost na pracovní výkon
stres	nechuť k vykonávání pracovní funkce	
fyziologické problémy	sociální problémy	
problémy s alkoholem	dluhy	
nemoc	problémy v rodině	
problémy s nespavostí	problémy s bydlením	
nedostatek pohybu	problémy s dopravou do práce	
fyzická vyčerpanost	soudní řízení	
špatné stravování		

Následně se sestavil diagram příčin a následků, viz obrázek 6.3. Postupuje se tak, že na pravou stranu se do hlavní kolonky zapíše následek (znak, který má být zlepšen) a on něj se směrem doleva zakreslí vodorovná linka. Od ní pak vychází další linky na jejichž koncích jsou zaznamenány hlavní faktory příčin řešeného následku. A nakonec se do jednotlivých větví vybíhajících z vedlejších linek zapíše jednotlivé příčiny.



Obr. 6.3: Vytvořený diagram příčin a následků

Z diagramu je patrné, že nejvíce se na lidských chybách v procesu výroby podílí fyziologické problémy, dále pak sociální problémy. Firma sama může pro své zaměstnance udělat to, že je bude lépe poznávat, začne je více motivovat podle jejich vlastních hodnotových stupnic. Vytvoří tzv. motivační programy, které jsou orientovány podle jednotlivých typů a skupin zaměstnanců.

6.4 Histogram

Příklad vytvoření histogramu

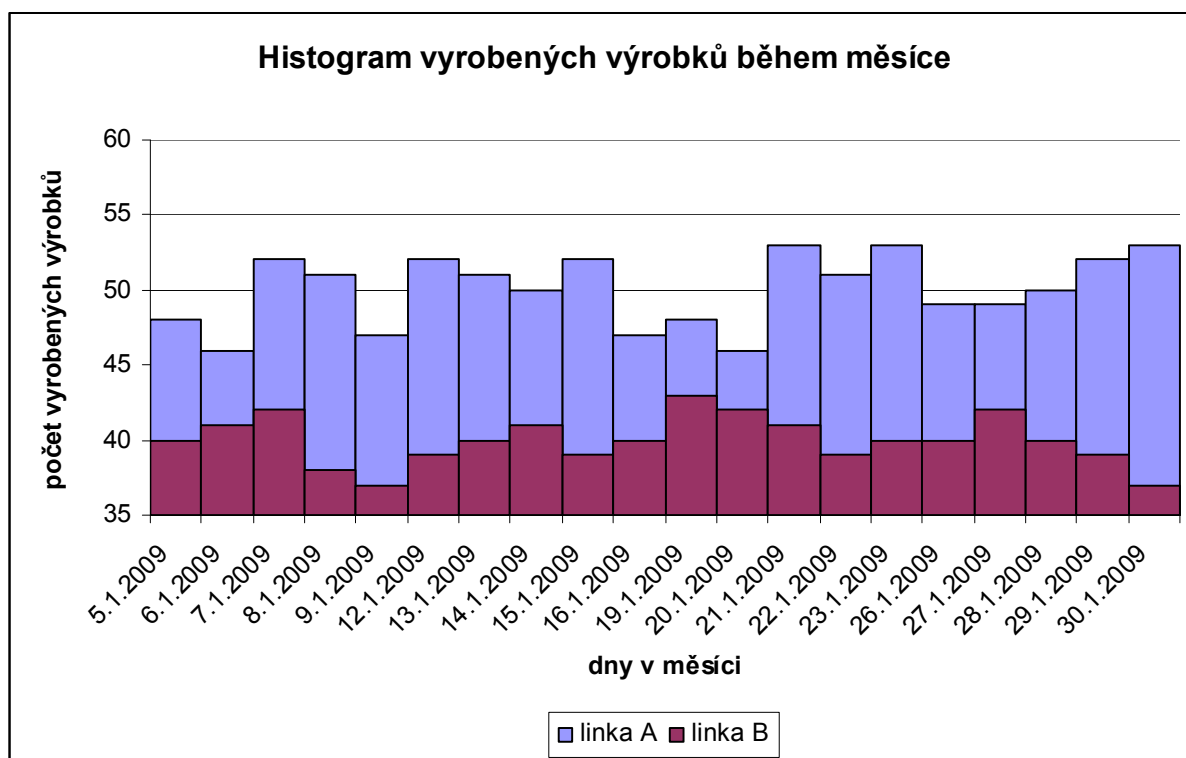
Firma během jednoho měsíce měřila vzdálenost mezi dvěma vývody u svých vyráběných součástek. Každý den se zapisoval počet vyrobených jednotlivých výrobků a dále jednotlivé naměřené hodnoty. Správná rozteč vývodů by měla být 2,5mm s tolerancí $\pm 1\%$. Měření se provádělo na dvou linkách. Linka A a linka B. Linka A je novější a méně opotřebovaná a proto vyrobí více výrobků, linka B je starší, vyrobí méně výrobků s menší přesností.

Tab.6.9: Tabulka vyrobených výrobků v jednotlivých dnech na lince A a B

	linka A	linka B
datum	počet výrobků	počet výrobků
5.1.2009	48	40
6.1.2009	46	41
7.1.2009	52	42
8.1.2009	51	38
9.1.2009	47	37
12.1.2009	52	39
13.1.2009	51	40
14.1.2009	50	41
15.1.2009	52	39

16.1.2009	47	40
19.1.2009	48	43
20.1.2009	46	42
21.1.2009	53	41
22.1.2009	51	39
23.1.2009	53	40
26.1.2009	49	40
27.1.2009	49	42
28.1.2009	50	40
29.1.2009	52	39
30.1.2009	53	37
celkem	1000	800

V první řadě byl vytvořen z tabulky 6.9. hřebenový histogram, na kterém je patrné kolik výrobků bylo vyrobeno v jednotlivých dnech a o kolik se od sebe lišila výroba na jednotlivých linkách.



Obr. 6.4: Vytvořený hřebenový histogram

V následující tabulce je zaznamenána naměřená rozteč vývodů na výrobcích v mm a počet kusů výrobků, u kterých byla tato rozteč naměřena pro linku A a linku B.

Tab.6.10: Tabulka roztečí vývodů na lince A a B

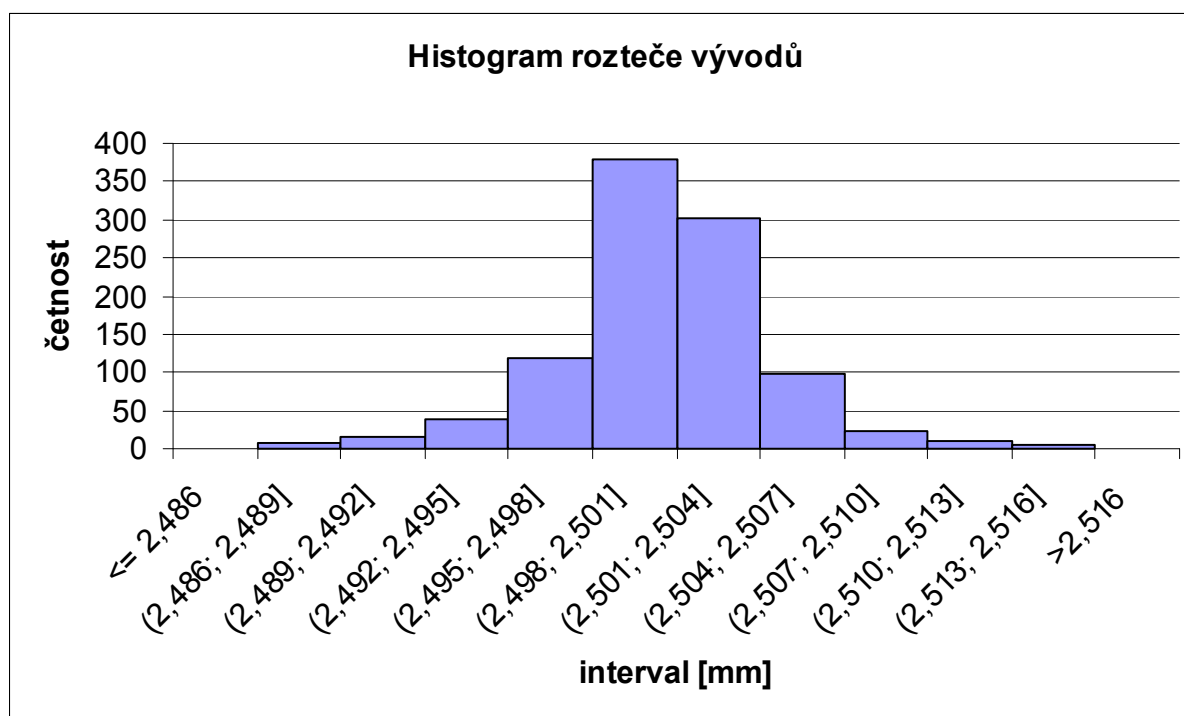
linka A		linka B	
rozteč [mm]	počet kusů	rozteč [mm]	počet kusů
2,483	1	2,499	2
2,487	1	2,5	3
2,488	3	2,501	4
2,489	3	2,503	9

2,49	2	2,504	31
2,491	7	2,505	19
2,492	6	2,506	29
2,493	15	2,507	35
2,494	12	2,508	53
2,495	13	2,509	74
2,496	29	2,51	84
2,497	41	2,511	123
2,498	50	2,512	168
2,499	77	2,513	78
2,5	230	2,514	29
2,501	73	2,515	15
2,502	132	2,516	18
2,503	98	2,517	5
2,504	71	2,518	12
2,505	56	2,519	3
2,506	22	2,52	2
2,507	20	2,521	1
2,508	11	2,523	2
2,509	7	2,525	1
2,51	5	celkem	800
2,511	4		
2,512	2		
2,513	5		
2,514	1		
2,515	2		
2,516	1		
celkem	1000		

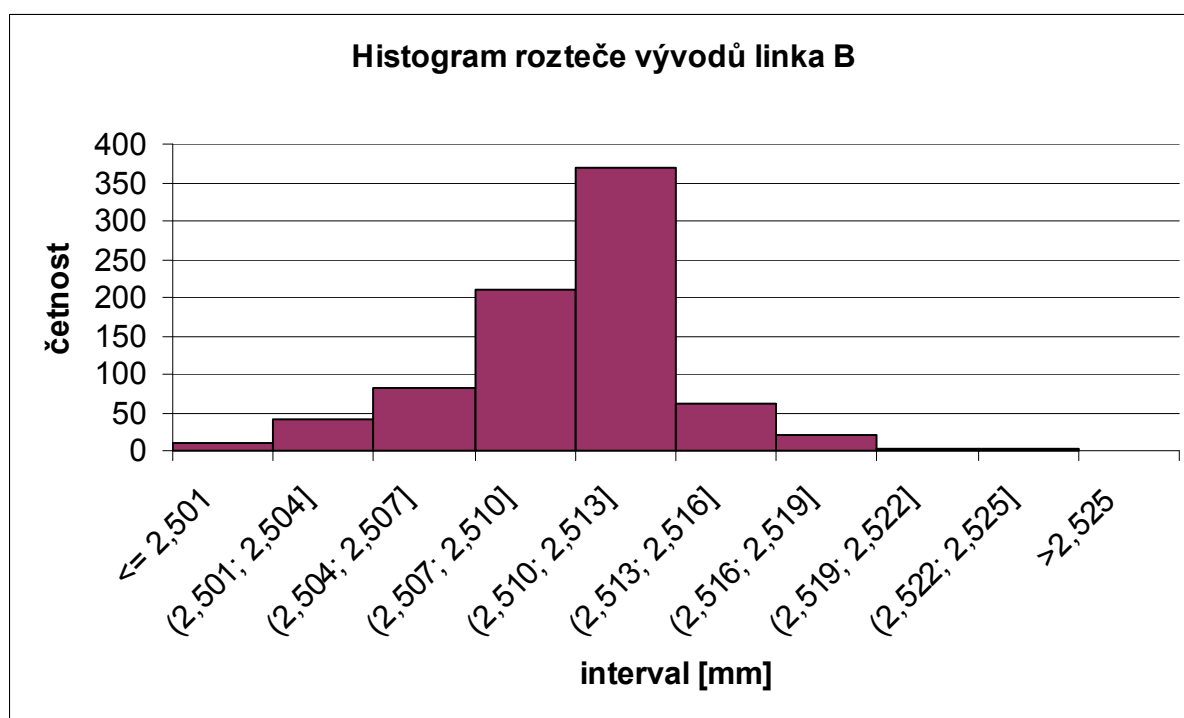
Dále byly vytvořeny intervaly po 0,003mm a jednotlivé četnosti zapsány do těchto intervalů, které slouží pro vytvoření jednotlivých zvonovitých histogramů linky A a linky B, které jsou zobrazeny následně pod tabulkou.

Tab.6.11: Tabulka roztečí vývodů seřazených do intervalů na lince A a B

linka A		linka B	
interval	četnost	interval	četnost
$\leq 2,486$	1	$\leq 2,501$	9
(2,486; 2,489]	7	(2,501; 2,504]	40
(2,489; 2,492]	15	(2,504; 2,507]	83
(2,492; 2,495]	40	(2,507; 2,510]	211
(2,495; 2,498]	120	(2,510; 2,513]	369
(2,498; 2,501]	380	(2,513; 2,516]	62
(2,501; 2,504]	301	(2,516; 2,519]	20
(2,504; 2,507]	98	(2,519; 2,522]	3
(2,507; 2,510]	23	(2,522; 2,525]	3
(2,510; 2,513]	11	$> 2,525$	0
(2,513; 2,516]	4	celkem	800
$> 2,516$	0		
celkem	1000		



Obr. 6.5: Vytvořený zvonovitý histogram pro linku A

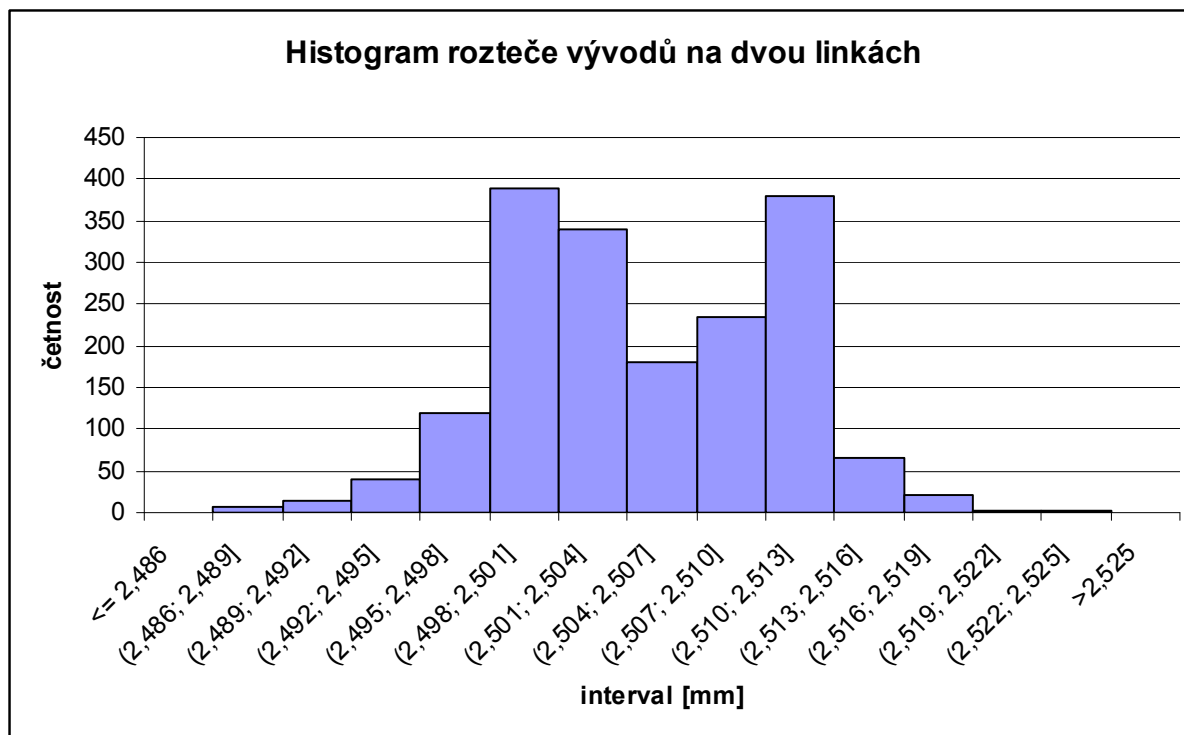


Obr. 6.6: Vytvořený zvonovitý histogram pro linku B

V následující tabulce jsou četnosti jednotlivých roztečí vývodů z obou linek sloučeny dohromady pro vytvoření dalšího typu histogramu, tj. dvouvrcholového histogramu, který je následně zobrazen a který zde slouží pro zobrazení přehledu celkově všech roztečí vyrobených výrobků.

Tab.6.12: Tabulka roztečí vývodů v intervalech dohromady pro obě linky

linka A a B	
interval	četnost
$\leq 2,486$	1
(2,486; 2,489]	7
(2,489; 2,492]	15
(2,492; 2,495]	40
(2,495; 2,498]	120
(2,498; 2,501]	389
(2,501; 2,504]	341
(2,504; 2,507]	181
(2,507; 2,510]	234
(2,510; 2,513]	380
(2,513; 2,516]	66
(2,516; 2,519]	20
(2,519; 2,522]	3
(2,522; 2,525]	3
$> 2,525$	0
celkem	1800



Obr. 6.7: Vytvořený dvouvrcholový histogram

Z hřebenového diagramu je patrný rozdíl mezi počtem vyrobených výrobků na novější lince A a starší lince B, na které se vyrobí podstatně méně výrobků.

Z tabulky naměřených roztečí linky A je zřejmé, že největší výskyt výrobků se pohyboval v oblasti s roztečí $2,5\text{mm} \pm 0,003\text{mm}$, což je dobrý výsledek. Na lince B je to horší, požadovaná rozteč $2,5\text{mm}$ se podařila dosáhnout jen u několika výrobků, ostatní ji měli větší, ale do požadované tolerance $\pm 1\%$ se ještě vešly. Pro dosažení větší přesnosti by bylo potřeba nechat linku nákladně renovovat, vyladit nebo případně pořídit novou.

6.5 Bodový diagram

Příklad vytvoření bodového diagramu

Studie firmy, která testuje vliv příměsí na pevnost spojů lepidla. Příměs byla postupně přidávána po 0,2% a po zaschnutí lepidla (24 hodin) se zkouškou v tahu změřila pevnost spoje a hodnota zapsala do tabulky. Zkouška začala při měření pevnosti lepidla bez příměsí a poté se příměs do lepidla začala postupně přidávat po 0,2% a to až do hodnoty 20%, tj. 101 měření. V tabulce jsou ještě zapsány hodnoty pomocných výpočtů, které budou potřeba dále a na konci tabulky je celkový součet v každém sloupci.

Tab.6.13: Tabulka pevnosti lepených spojů

Příměs P [%]	Pevnost spoje R [MPa]	Pomocný výpočet P^2	Pomocný výpočet $P \cdot R$	Pomocný výpočet R^2
0,0	44,74	0,000	0,000	2001,668
0,2	45,09	0,040	9,018	2033,108
0,4	45,29	0,160	18,116	2051,184
0,6	46,28	0,360	27,768	2141,838
0,8	46,19	0,640	36,952	2133,516
1,0	44,92	1,000	44,920	2017,806
1,2	45,62	1,440	54,744	2081,184
1,4	45,02	1,960	63,028	2026,800
1,6	46,01	2,560	73,616	2116,920
1,8	45,21	3,240	81,378	2043,944
2,0	45,82	4,000	91,640	2099,472
2,2	46,28	4,840	101,816	2141,838
2,4	47,25	5,760	113,400	2232,563
2,6	45,90	6,760	119,340	2106,810
2,8	46,38	7,840	129,864	2151,104
3,0	48,01	9,000	144,030	2304,960
3,2	46,97	10,240	150,304	2206,181
3,4	46,93	11,560	159,562	2202,425
3,6	44,85	12,960	161,460	2011,523
3,8	47,08	14,440	178,904	2216,526
4,0	46,35	16,000	185,400	2148,323
4,2	47,89	17,640	201,138	2293,452
4,4	46,14	19,360	203,016	2128,900
4,6	48,52	21,160	223,192	2354,190
4,8	46,91	23,040	225,168	2200,548
5,0	45,21	25,000	226,050	2043,944
5,2	47,52	27,040	247,104	2258,150
5,4	48,36	29,160	261,144	2338,690
5,6	47,25	31,360	264,600	2232,563
5,8	47,82	33,640	277,356	2286,752
6,0	47,95	36,000	287,700	2299,203
6,2	47,56	38,440	294,872	2261,954
6,4	48,85	40,960	312,640	2386,323
6,6	48,22	43,560	318,252	2325,168
6,8	49,31	46,240	335,308	2431,476
7,0	46,85	49,000	327,950	2194,923
7,2	48,69	51,840	350,568	2370,716

7,4	48,23	54,760	356,902	2326,133
7,6	49,51	57,760	376,276	2451,240
7,8	48,35	60,840	377,130	2337,723
8,0	49,25	64,000	394,000	2425,563
8,2	48,84	67,240	400,488	2385,346
8,4	47,23	70,560	396,732	2230,673
8,6	50,65	73,960	435,590	2565,423
8,8	47,89	77,440	421,432	2293,452
9,0	49,81	81,000	448,290	2481,036
9,2	51,50	84,640	473,800	2652,250
9,4	50,12	88,360	471,128	2512,014
9,6	52,02	92,160	499,392	2706,080
9,8	49,90	96,040	489,020	2490,010
10,0	50,12	100,000	501,200	2512,014
10,2	50,34	104,040	513,468	2534,116
10,4	52,03	108,160	541,112	2707,121
10,6	49,53	112,360	525,018	2453,221
10,8	50,72	116,640	547,776	2572,518
11,0	51,26	121,000	563,860	2627,588
11,2	50,98	125,440	570,976	2598,960
11,4	53,18	129,960	606,252	2828,112
11,6	50,14	134,560	581,624	2514,020
11,8	50,52	139,240	596,136	2552,270
12,0	52,01	144,000	624,120	2705,040
12,2	51,23	148,840	625,006	2624,513
12,4	49,12	153,760	609,088	2412,774
12,6	50,87	158,760	640,962	2587,757
12,8	50,15	163,840	641,920	2515,023
13,0	51,12	169,000	664,560	2613,254
13,2	51,84	174,240	684,288	2687,386
13,4	51,35	179,560	688,090	2636,823
13,6	52,05	184,960	707,880	2709,203
13,8	50,12	190,440	691,656	2512,014
14,0	52,00	196,000	728,000	2704,000
14,2	53,18	201,640	755,156	2828,112
14,4	51,96	207,360	748,224	2699,842
14,6	51,28	213,160	748,688	2629,638
14,8	52,62	219,040	778,776	2768,864
15,0	53,26	225,000	798,900	2836,628
15,2	52,01	231,040	790,552	2705,040
15,4	53,89	237,160	829,906	2904,132
15,6	52,96	243,360	826,176	2804,762
15,8	52,37	249,640	827,446	2742,617
16,0	51,00	256,000	816,000	2601,000
16,2	53,84	262,440	872,208	2898,746
16,4	52,89	268,960	867,396	2797,352
16,6	52,21	275,560	866,686	2725,884
16,8	55,12	282,240	926,016	3038,214
17,0	54,12	289,000	920,040	2928,974
17,2	53,45	295,840	919,340	2856,903
17,4	52,45	302,760	912,630	2751,003
17,6	53,57	309,760	942,832	2869,745

17,8	53,12	316,840	945,536	2821,734
18,0	54,52	324,000	981,360	2972,430
18,2	55,84	331,240	1016,288	3118,106
18,4	53,64	338,560	986,976	2877,250
18,6	51,84	345,960	964,224	2687,386
18,8	54,59	353,440	1026,292	2980,068
19,0	52,31	361,000	993,890	2736,336
19,2	54,87	368,640	1053,504	3010,717
19,4	56,02	376,360	1086,788	3138,240
19,6	54,84	384,160	1074,864	3007,426
19,8	55,12	392,040	1091,376	3038,214
20,0	53,99	400,000	1079,800	2914,920
1010,0	5046,10	13534,000	52142,360	253031,597

Výpočty:

Pro výpočet analytického tvaru rovnice přímky a výběrového koeficientu lineární korelace zavedeme pomocné výpočty:

$$H_{PR} = n \cdot \sum_{i=1}^n (P_i \cdot R_i) - \sum_{i=1}^n P_i \cdot \sum_{i=1}^n R_i = 101 \cdot 52142,360 - 1010 \cdot 5046 = 169817,360$$

$$H_{PP} = n \cdot \sum_{i=1}^n P_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n P_i \right)^2 = 101 \cdot 13534 - 1010^2 = 346834$$

$$H_{RR} = n \cdot \sum_{i=1}^n R_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n R_i \right)^2 = 101 \cdot 253031,597 - 5046,1^2 = 93066,107$$

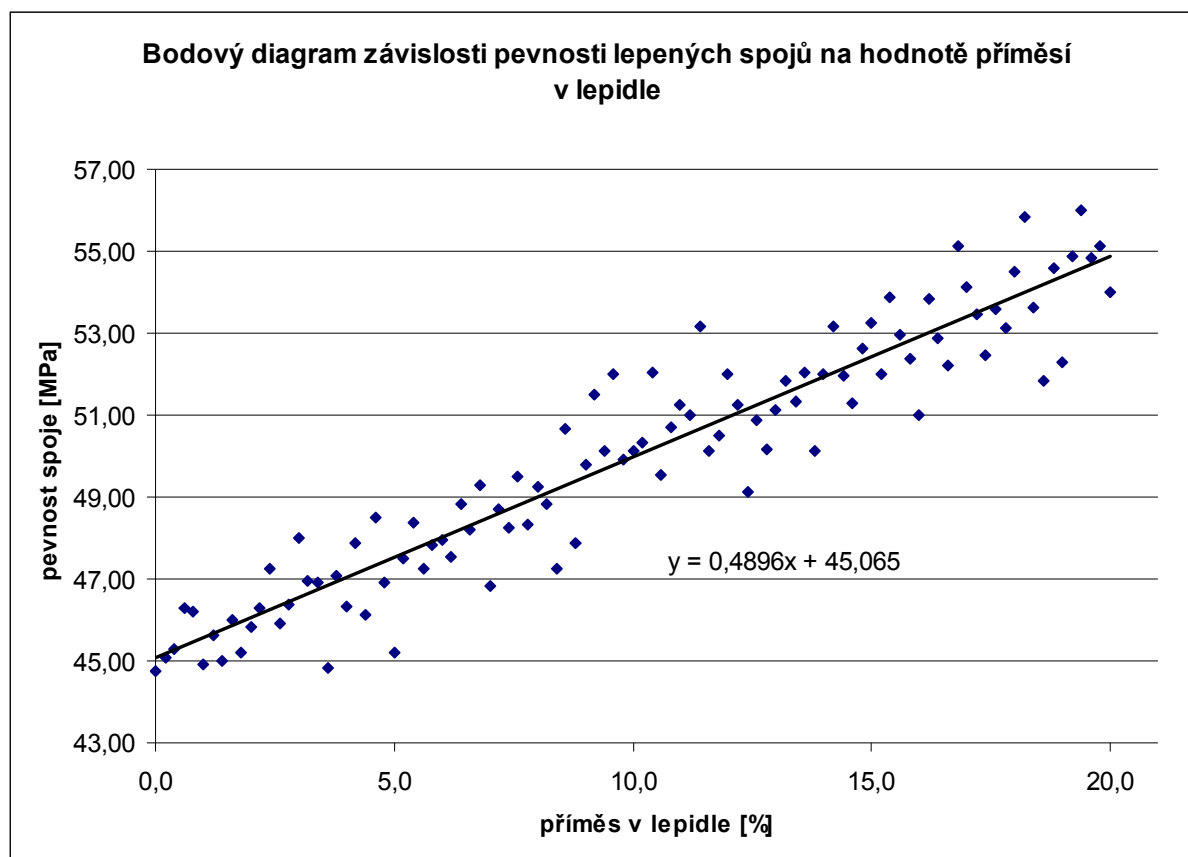
$$b = \frac{H_{PR}}{H_{PP}} = \frac{169817,36}{346834} = 0,4896$$

$$a = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n R_i - b \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i = \frac{1}{101} \cdot 5046,1 - 0,4896 \cdot \frac{1}{101} \cdot 1010 = 45,065$$

Rovnice přímky: $y = bx + a$

$$y = 0,4896x + 45,065$$

$$\text{Koeficient lineární korelace: } r_{PR} = \frac{H_{PR}}{\sqrt{H_{PP} \cdot H_{RR}}} = \frac{169817,36}{\sqrt{346834 \cdot 93066,107}} = 0,945$$



Obr. 6.8: Vytvořený bodový diagram

Z pomocných výpočtů byla sestavena rovnice přímky $y = 0,4896x + 45,065$, viz. obr.6.8, ze které je patrné, že s rostoucím procentem přidávaných příměsí v lepidle roste pevnost spojů. Jsou zde malé odchylky, ale ty mohou být dány okolními vlivy a podmínkami při schnutí a následném měření, ale výsledná závislost lineárně roste.

Nakonec se řeší otázka, jestli je vypočítaná hodnota koeficientu lineární korelace velká natolik, abychom mohli považovat stochastickou závislosti sledovaných znaků za statisticky významnou. V tomto případě je hodnota lineární korelace $r_{PR} = 0,945$ a požadováno bylo, aby hodnota byla větší než 0,2, což je hodnota koeficientu lineární korelace $r_{PR}(\alpha)$, kde $\alpha = 0,05$.

6.6 Regulační diagram

Příklad vytvoření regulačního

Kontrola ve strojírenské firmě, kde se každý pracovní den zváží popř. změří po sobě pět výrobků jednoho typu a hodnoty se zapíší do formuláře pro sběr údajů. Do formuláře se zapisují data postupně celý měsíc a na konci měsíce dojde k jeho vyhodnocení a zjištění, zda byl proces vyhovující.

Na formuláři, který vyplňuje příslušný pracovník je dále uvedeno v jakém měsíci probíhalo měření, kolik bylo v daném měsíci pracovních dnů, název a typ výrobku a také číslo pracoviště. Po zvážení pěti po sobě jdoucích výrobků se vypočte jejich výběrový průměr a

výběrové rozpětí. Tyto výpočty se provádí během každého pracovního dne a následně na konci měsíce se vypočítá celkový výběrový průměr procesu, který slouží jako centrální přímká pro vytvoření regulačního diagramu \bar{x} a aritmetický průměr rozpětí, který slouží pro jako centrální přímká pro vytvoření regulačního diagramu R.

Tab.6.14: Formulář pro sběr údajů – vážení hmotnosti

Formulář vážení hmotnosti výrobku rok 2008							
Jméno a příjmení pracovníka:		Zdeněk Konečný					
Identifikační číslo pracovníka:		2585/05					
Měření proběhlo v měsíci:		duben					
Počet pracovních dnů v měsíci:		20					
Číslo pracoviště		2					
Název měřeného výrobku		Matice M20					
Typ měřeného výrobku		M20/15/3244					
Pracovní dny v měsíci	Vážení výrobku č.1 [g]	Vážení výrobku č.2 [g]	Vážení výrobku č.3 [g]	Vážení výrobku č.4 [g]	Vážení výrobku č.5 [g]	Průměr \bar{x} [g]	Rozpětí R [g]
1	15,147	15,168	15,168	15,199	15,184	15,173	0,052
2	15,179	15,141	15,164	15,181	15,168	15,167	0,040
3	15,168	15,152	15,195	15,145	15,162	15,164	0,050
4	15,137	15,191	15,167	15,181	15,145	15,164	0,054
5	15,181	15,155	15,148	15,169	15,171	15,165	0,033
6	15,131	15,183	15,165	15,187	15,172	15,168	0,056
7	15,150	15,162	15,161	15,193	15,182	15,170	0,043
8	15,174	15,181	15,154	15,181	15,165	15,171	0,027
9	15,178	15,184	15,166	15,181	15,141	15,170	0,043
10	15,181	15,155	15,162	15,155	15,191	15,169	0,036
11	15,165	15,147	15,184	15,165	15,192	15,171	0,045
12	15,168	15,155	15,147	15,180	15,184	15,167	0,037
13	15,167	15,160	15,199	15,144	15,171	15,168	0,055
14	15,183	15,130	15,180	15,139	15,192	15,165	0,062
15	15,167	15,184	15,163	15,156	15,174	15,169	0,028
16	15,161	15,167	15,155	15,157	15,191	15,166	0,036
17	15,191	15,181	15,145	15,142	15,184	15,169	0,049
18	15,181	15,171	15,184	15,167	15,162	15,173	0,022
19	15,185	15,175	15,190	15,183	15,132	15,173	0,058
20	15,153	15,173	15,157	15,175	15,184	15,168	0,031

Dále se pro vytvoření regulačních diagramů podle vzorců vypočítají regulační meze (horní a dolní regulační meze pro diagramy \bar{x} a R). V nich jsou použity koeficienty, které

závisí na rozsahu podskupiny n a jsou vypsány v normě ČNS ISO 8258:1994. Pro zde vytvořený příklad jsou použity koeficienty A_2 , D_2 , D_3 a D_4 pro $n = 20$.

Výpočty:

$$\text{- výběrový průměr: } \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{5} (15,148 + 15,168 + 15,168 + 15,199 + 15,184) = 15,173g$$

$$\text{- výběrové rozpětí: } R = \max - \min = 15,199 - 15,147 = 0,052g$$

$$\text{- výběrový průměr procesu: } \bar{\bar{x}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{x}_i = \frac{1}{20} (15,173 + \dots + 15,168) = 15,168g$$

$$\text{- aritmetický průměr rozpětí: } \bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i = \frac{1}{20} (0,052 + \dots + 0,031) = 0,043g$$

Regulační meze:

$$\text{- použité koeficienty pro } n = 20: A_2 = 0,18; D_2 = 5,921; D_3 = 0,415; D_4 = 1,585$$

$$\text{- horní regulační mez diagramu } \bar{x}: UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 \cdot \bar{R} = 15,168 + 0,18 \cdot 0,043 = 15,176g$$

$$\text{- dolní regulační mez diagramu } \bar{x}: LCL = \bar{\bar{x}} - A_2 \cdot \bar{R} = 15,168 - 0,18 \cdot 0,043 = 15,161g$$

$$\text{- horní regulační mez diagramu } R: UCL = D_4 \cdot \bar{R} = 1,585 \cdot 0,043 = 0,068g$$

$$\text{- dolní regulační mez diagramu } R: LCL = D_3 \cdot \bar{R} = 0,415 \cdot 0,043 = 0,018g$$

Ukazatelé způsobilosti:

$$\text{- horní mezní hodnota zadaná výrobcem: } USL = 15,21g$$

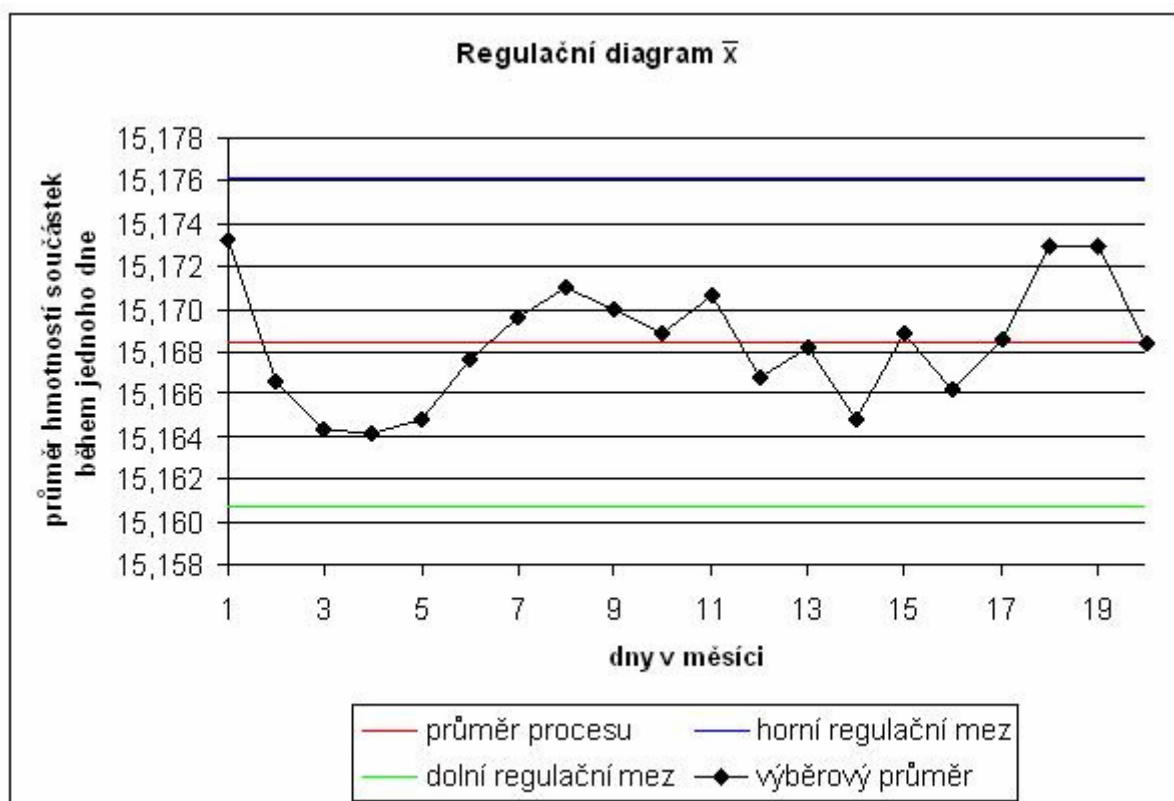
$$\text{- dolní mezní hodnota zadaná výrobcem: } LSL = 15,11g$$

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6 \cdot \frac{\bar{R}}{D_2}} = \frac{15,21 - 15,11}{6 \cdot \frac{0,043}{5,921}} = 2,303$$

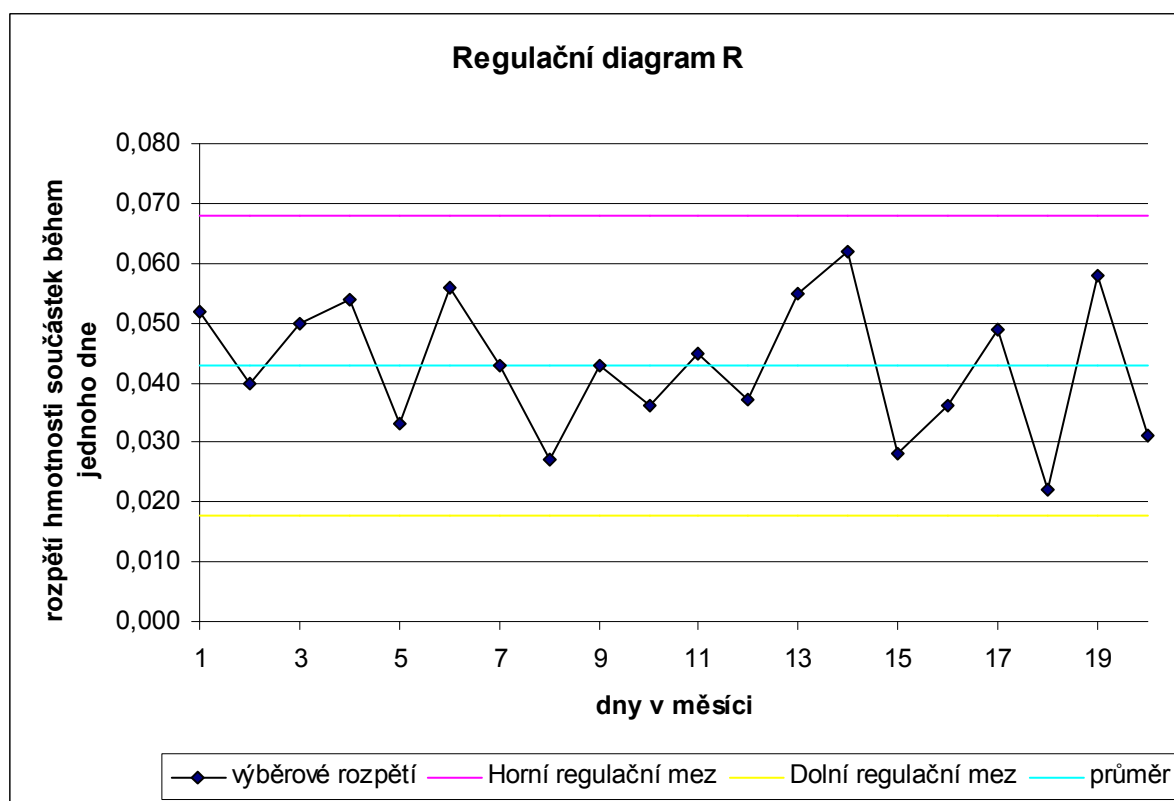
$$C_{pU} = \frac{USL - \bar{x}}{3 \cdot \frac{\bar{R}}{D_2}} = \frac{15,21 - 15,173}{3 \cdot \frac{0,043}{5,921}} = 1,915$$

$$C_{pL} = \frac{\bar{x} - LSL}{3 \cdot \frac{\bar{R}}{D_2}} = \frac{15,173 - 15,11}{3 \cdot \frac{0,043}{5,921}} = 2,691$$

Regulační meze a centrální přímka diagramu \bar{x} se spolu s hodnotami výběrových průměrů podskupin zanesou do diagramů \bar{x} a regulační meze a centrální přímka diagramu R se spolu s hodnotami výběrových rozpětí zanesou do diagramu R .



Obr. 6.9: Vytvořený regulační diagram \bar{x}



Obr. 6.10: Vytvořený regulační diagram R

Z výše sestrojených regulačních diagramů se v první řadě vyhodnocuje regulační diagram R. Z něj je patrné, že všechny hodnoty spadají do regulačních mezí, pravidelně kolísají, tzn. proces je ve statisticky zvládnutém stavu (jeho chování se dá předvídat a lze posoudit jestli je schopen plnit požadavky, které se na něj kladou). Mírami způsobilosti procesu jsou ukazatelé způsobilosti, které se počítají až po zjištění zda je proces ve statisticky zvládnutém stavu. Hodnoty všech tří ukazatelů způsobilosti jsou větší než 1,33, což je nejmenší přípustná hodnota aby se dal proces považovat za zvládnutý, který je schopen plnit požadované úkoly.

Z regulačního diagramu \bar{x} je patrné, že v prvních třech dnech aritmetický průměr vážených součástí klesá, což bylo způsobeno malou nepřesností v kalibraci zařízení, poté co bylo zařízení zkalibrováno během dalších pěti dní se hodnoty blíží k centrální přímkce. V dalších dnech se hodnoty kolísají kolem centrální přímkky. Získané hodnoty ani jednou nepřekročily ani v tomto regulačním diagramu regulační meze.

7 Závěr

Cílem bakalářské bylo poskytnout přehled koncepcí, přístupů a metod, které může podnik využít při řešení problémů s kvalitou. Na počátku je vysvětleno, co představujeme pod pojmem kvalita a následně požadavky na kvalitu. V další kapitole už je zaměřeno na přístupy a koncepty ISO 9000, Total Quality Management, six sigma a kroky řešení PDCA a DMAIC, které se využívají ke zlepšování jakosti. Dále je zde rozepsaných sedm základních a sedm „nových“ metod pro řešení problémů s kvalitou, což jsou důležité nástroje managementu kvality. Sedm základních metod se používá při řešení problémů operativního řízení a zlepšování kvality. Sedm „nových“ metod, se od sedmi základních liší tím, že používají hlavně při plánování kvality. Nakonec jsou zde popsány ještě 3 metody, jako je metoda QFD, která se při zlepšování kvality orientuje, na zákazníka, metoda FMEA pro přezkoumávání trhu a metoda FTA analyzující příčiny vzniku vad.

U každé metody je uveden software, ve kterém se dá daná metoda realizovat. Jako nejkomplexnější a uživatelsky nejpřívětivější se z mého pohledu jeví program Smart Draw. V jeho nabídce je mnoho šablon téměř všech zde popsaných metod, které stačí pouze vybrat a zapisovat do nich údaje. Další z testovaných programů jsou Minitab Statistical Software, využívaný pro regulační diagramy, histogramy a paretův diagram, jeho prostředí je podobné Microsoft Excelu a program XLSTAT, který je použitelný pro regulační diagramy a metodu PDPC, program se po nainstalování implementuje do programu Microsoft Excel a využívá jeho prostředí. Zde uvedené testované programy byly časově omezené zkušební verze.

Cílem praktické části bylo vytvořit případové studie prezentující využití příslušných metod v konkrétních případech. Všechny zde uvedené základní metody jsem zpracoval v programu Microsoft Excel. I když jsem mohl využít některou z výše uvedených zkušebních verzí programů, Microsoft Excel byl jasná volba z hlediska vysoké variability, časového neomezení a vlastních úprav a navržení každé metody. V každé metodě je popsán jednotlivý postup krok po kroku jak se vytvoří a následně na konci její zhodnocení.

Paretově diagramu předchází sběr dat ve formuláři pro sběr údajů a následně na ni navazuje diagram příčin a následků. V diagramu příčin a následků je podrobně rozebrána hlavní příčina vadného výrobku z Paterova diagramu. Formulář pro sběr údajů je použit ještě v regulačním diagramu. Ve vývojovém digramu jsou vysvětleny významy jednotlivých na sebe navazujících bloků. Dále je zde popsán bodový diagram a hřebenový, zvonovitý a dvouvrcholový histogram.

Na příloženém cd jsou uloženy zde prezentované metody, plus vytvořené ukázky dalších nástrojů příslušných metod a ukázky vytvořených sedmi nových metod, které zde nejsou uvedeny a podrobně rozebrány s ohledem na rozsah bakalářské práce. Podle mého názoru je při tvorbě některé konkrétní metody jednodušší si příslušnou metodu stáhnout jako

upravitelný nástroj xls, které jsou na internetu volně ke stažení a sám si jej předělat podle toho jak přesně potřebuji, než si pořizovat finančně nákladné programy nebo jen stahovat a pracovat v zkušebních verzích programů a být omezen tím, co mě v tom konkrétním programu nabízejí.

8 Použitá literatura

- [1] PLURA Jiří, Plánování a neustálé zlepšování jakosti. Computer Press, Praha, 2001, 244 stran, ISBN 80-7226-543-1.
- [2] Doc. RNDr. Rudolf Fielder, Csc., Ing. Petr Fiedler, Základy managementu jakosti, Brno, 1998, PC-DIR Real, s.r.o., 106 stran, ISBN 80-214-1229-1
- [3] Horálek Vratislav, Jednoduché nástroje řízení jakosti I, Praha, 2004, 84 stran, ISBN 80-02-01689-0
- [4] Plášková Alena, Jednoduché nástroje řízení jakosti II, Národní informační středisko pro podporu jakosti, Praha, 2004, 72 stran, ISBN 80-02-01690-4
- [5] Mašková Eva, Kratochvílová Lenka, Kochtová Martina, Svobodová Lucie: Metoda_DMAIC, dostupné z www: http://pef.czu.cz/~panek/AT2008/Projekty1/METODA_DMAIC.ppt
- [6] Střelec Jiří, DMAIC metoda, dostupné z www: <http://www.vlastnicesta.cz/akademie/kvalita-system-kvality/kvalita-system-kvality-metody/dmaic-metoda/>
- [7] Mgr. Škop Michal a kol., Od regulačních diagramů k six sigma, StatSoft ČR, dostupné z www: <http://www.skop.cz/Sci/au070118.pdf>
- [8] Vztah benchmarkingu k dalším metodám kvality, dostupné z www: <http://www.benchmarking.vcvscr.cz/dokumenty/K003.pdf?PHPSESSID=2a0ae13f3341148a9fcf3135646c3c3f>
- [9] Zabezpečování jakosti ve smyslu TQM, dostupné z www: <http://www.businessinfo.cz/cz/clanek/kvalita-jakost/zabezpecovani-jakosti-ve-smyslu-tqm/1000513/43055/>
- [10] Ing. Sysel Jiří, Koncepce managementu kvality, © 1999-2008 Hotel Fontána, s.r.o., dostupné z www: <http://www.cestovni-ruch.cz/hoteliери/iso9000d.php>
- [11] Mařašová Zuzana, TQM - Total Quality Management, dostupné z www: <http://www.rvp.cz/clanek/656/934>
- [12] Co je to six sigma?, dostupné z www: <http://www.scacp.cz/cz/lean-a-six-sigma/co-je-six-sigma/>
- [13] Statistické zpracování výsledků a naměřených dat, dostupné z www: http://tomcat.prf.jcu.cz/sima/analyticka_chemie/statistika.htm
- [14] SZENDIUCH Ivan, Základy technologie mikroelektronických obvodů a systémů, Vysoké učení technické v Brně / Nakladatelství VUT IUM, Brno, 2006, 379 stran, ISBN 80-214-3292-6.
- [15] Ing. Špinka Jiří, skripta do předmětu BNKZ (návrh a konstrukce elektrotechnických zařízení)
- [16] KONEČNÝ, Zdeněk. Metody a kroky řešení problémů s kvalitou v průmyslové praxi. [s.l.], 2008. 32 s. VUT v Brně. Vedoucí semestrální práce Ing. Radovan Novotný, Ph.D.